



華夏英才基金學術文庫

杉木林生态系统研究丛书

杉木林 生态系统学

田大伦 康文星 文仕知 等著



科学出版社

www.sciencep.com



华夏英才基金学术文库

杉木林生态系统研究丛书

杉木林生态系统学

田大伦 康文星 文仕知 等著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

《杉木林生态系统学》一书是《杉木林生态系统研究丛书》之一，总结了作者 25 年来长期从事杉木林生态系统学研究的成果。本书阐述了杉木林系统群落生态、杉木林系统的生物量与生产力、杉木林系统的能量流、杉木林系统的水分循环、杉木林系统的养分循环、杉木林系统的碳平衡、杉木林系统的经营管理、杉木林系统的服务功能等内容。资料丰富，数据翔实可靠，紧密结合当前生产实践和生态环境等重大问题。

本书可供林学、生物学、生态学、土壤学、环境科学等专业的师生、科研人员及林业工作者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

杉木林生态系统学/田大伦等著. —北京: 科学出版社, 2003.4

(杉木林生态系统研究丛书/田大伦主编)

ISBN 7-03-011031-5

I. 杉… II. 田… III. 杉木-系统生态学: IV. S791.270.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 099034 号

责任编辑: 姜朋逊 霍春雁/责任校对: 朱光光

责任印制: 刘士平/封面设计: 黄华斌

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

珠海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 4 月第 一 版 开本: (BS) 720×1000

2003 年 4 月第一次印刷 印张: 30

印数: 1—1 000 字数: 580 000

定价: 69.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈新欣〉)

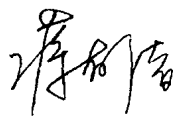
序

杉木为我国重要的优良用材树种，它具有繁殖容易、生长迅速、材质优良、产量高等优点，深为群众喜爱。杉木人工林则是我国劳动人民在认识自然和长期生产实践中，积累了丰富的育林经验而创造出来的一种特殊的森林经营类型，是我国林业发展史上值得骄傲和自豪的一个篇章。杉木千余年的栽培历史，充分表明杉木人工林确实是一种可在人为严格控制下达到相对稳定，保持生态平衡的偏途顶极群落。这种独特的人工群落，有许多生态理论和实践问题，值得我们去发现和研究，以便丰富植物群落学和森林学。

中南林学院会同生态站的科研群体，经历了长达数十年对杉木人工林的定位研究，并通过深入系统地全面总结，完成了我国第一本以杉木林生态系统特征与功能为主要内容的专著——《杉木林生态系统学》，应该说，这也是我国第一本以人工林从生态系统水平和研究任务为目标完成的科学专著。该书以系统生态学理论为基础，采用长期定位研究方法，通过大量的观测研究数据，系统地揭示了杉木林生态系统的群落学特征和生物多样性、生物量和生产力、能量流、水分循环、养分循环、碳平衡等功能要素；从保持空间一致性和时间连续性上阐述了第二代杉木林的生态恢复过程；正确评价了杉木林生态系统的价值和效益及对大气 CO_2 浓度的影响。这些研究成果（即对生态系统功能的认识）是农林业经营的基础，亦是现代提倡的生态系统管理和林业经营体系的基础。随着六大林业生态工程的启动，特别是我国人工用材林基地建设的发展，该书对推动我国人工林健康而持续的发展将具有深远的意义。它是一本数据翔实可靠、理论性强，且对实践有指导意义的好书。

该书的定位研究主要在国家重点野外科学观测试验站和国家林业局重点森林生态定位研究站——中南林学院会同生态站进行的。该站位于我国亚热带中部地区，处于云贵高原向长江中下游平原过渡的中山丘陵地段，该地区的森林资源对长江中下游生态建设起着重要作用。该站是我国森林生态系统研究和培养生态学优秀人才的基地。借该著作出版之际，欣然作序为贺，并祝愿会同生态站的这一优秀科研群体再接再厉，多出成果，为我国林业科学研究事业做出更大的贡献。

中国科学院院士



2002.05.28

前 言

本专著是“杉木人工林生态系统定位研究”课题组全体研究人员，经过 25 年的不懈努力和不断探索所取得的阶段性研究成果。参加课题研究的人员有潘维俦、田大伦、康文星、文仕知、刘煊章、湛小勇、韦先明、周国逸、雷志星、张昌剑、彭元英、廖家翔、盛利元、张合平、项文化、闫文德、方晰、方海波、赵坤、蔡宝玉、高耀明、朱小年、黄少红等。由田大伦（第五章）、康文星（第三章、第四章、第八章）、闫文德（第一章、第七章）、方晰（第二章、第六章）进行系统归纳、总结，最后由田大伦修改、定稿成书。

本书研究成果，是以国家重点野外科学观测试验站（国家林业局重点森林生态系统定位研究站）——中南林学院会同生态站研究成果为主，同时还综合了湖南省朱亭林区、国营莽山林场、沅陵林区、广东省粤北林区、广西省禄峰山林场、贵州省锦屏林区等的研究成果，并进行了深入系统的对比分析。

中南林学院会同生态站于 1979 年建立，1982 年被国家林业部批准为重点森林生态系统定位研究站，2000 年被国家科学技术部批准为国家重点野外科学观测试验站。该站已成为开展森林生态学教学和科研的良好基地。

在研究过程中，得到国家林业局（原林业部）“六五”至“九五”重点科研课题、蒋有绪主持的国家自然科学基金重大课题、周晓峰主持的国家自然科学基金重大课题、国家科学技术部重大基础研究课题及湖南省科学技术厅重大课题的资助。研究成果由中国统一战线理论研究会华夏英才基金管理委员会资助得以出版，并入选华夏英才基金学术文库。著名的生态学家、中国科学院蒋有绪院士为本书作序。对此特致以衷心的感谢！

由于水平有限，疏误不足之处难免，敬请批评、指正！

田大伦

2002 年 5 月

目 录

序

前言

第一章 杉木林群落生态	(1)
第一节 群落的发育过程	(1)
一、郁闭前的幼林阶段	(1)
二、树冠郁闭阶段	(2)
三、树冠疏开阶段	(2)
四、成熟阶段	(3)
五、过熟衰老阶段	(3)
第二节 杉木林群落类型的划分	(3)
一、区系排队法	(4)
二、极点排序法	(5)
第三节 群落结构特征	(6)
一、不同群落类型的外貌结构生活型	(6)
二、立木株数按径阶的分布	(12)
三、树高的变化规律	(15)
四、杉木人工林的蓄积结构	(16)
五、林冠结构	(19)
第四节 杉木群落的演替规律	(23)
一、立木分化和自然稀疏	(23)
二、杉木人工林群落林下植被的演替	(26)
第五节 杉木人工林生态系统的生物多样性	(27)
一、群落中种的多样性	(27)
二、群落的物种多样性指数	(44)
三、分层物种多样性变化趋势	(45)
四、采伐迹地的物种多样性及相似性分析	(46)
五、群落的多样性与稳定性分析	(48)
第二章 杉木林的生物量与生产力	(49)
第一节 生物量的估测方法及估测模型	(49)
一、测定生物产量的基本概念	(49)
二、生物量的估测方法——分级取样测定法	(51)

三、估测模型——相对生长关系的建立	(54)
四、单株生物量测定中转换参数	(58)
第二节 生物量的结构特征	(66)
一、杉木人工林生物产量的结构特征	(66)
二、不同生育阶段杉木林生物产量的结构特征	(67)
三、不同地域杉木人工林生物产量结构特征的比较	(68)
四、不同密度杉木人工林生物产量的结构特征	(70)
五、不同代际杉木人工林生物产量的结构特征的比较	(70)
第三节 凋落物量及其分解释放量	(73)
一、研究方法	(73)
二、杉木林不同年度的凋落物年产量及其组成	(73)
三、凋落物量的变化	(74)
四、凋落物的分解	(76)
第四节 生物量的动态格局	(80)
一、杉木林生态系统生物量动态变化	(80)
二、乔木层生物量分布格局	(81)
三、杉木人工林林下地被物生物量的动态	(82)
第五节 杉木林的生产力	(83)
一、杉木林的净生产量(生产力)	(84)
二、叶面积、叶量和产量关系	(89)
三、叶的净光合生产率	(91)
四、杉木人工林叶面积指数的变化	(92)
第六节 全林整体生长模型及预估模型	(94)
一、全林整体生长模型	(94)
二、杉木林生物产量全林预估模型	(99)
第三章 杉木林生态系统的能量流	(103)
第一节 动力效应及其参数	(103)
一、动力参数的计算	(103)
二、动力参数及其效应	(107)
三、参数应用分析	(109)
第二节 动能传递	(110)
一、风速分布	(110)
二、动能传输	(115)
第三节 环境能量	(120)
一、基本环境能量分量的计算	(120)
二、环境能量变化规律	(122)

三、环境总能量和各种基本能量比	(125)
第四节 林冠作用面上辐射能平衡	(126)
第五节 净辐射及其平衡	(128)
一、乱流交换热量	(128)
二、土壤热量	(133)
三、林木蓄热变化量	(145)
四、潜热能	(146)
五、净辐射平衡	(149)
第六节 林冠和林地表面在能量平衡中的作用	(150)
一、林冠在能量平衡中的作用	(150)
二、林地表面在能量平衡中的作用	(154)
三、林冠和林地能量交换方面的作用比较	(160)
第七节 光合能量积累与分配	(165)
一、杉木各组分的干重热值	(165)
二、杉木人工林固定的能量	(166)
三、各组分中的能量分配	(167)
四、固定能量的空间分布	(168)
五、会同和朱亨杉木林分能量积累和分配的差异	(168)
第四章 杉木人工林生态系统的水分循环	(170)
第一节 降水及其再分配	(170)
一、林冠截留降水	(170)
二、林冠截留模型	(176)
第二节 土壤水分	(183)
一、土壤的水文物理性质	(183)
二、土壤水分动态	(185)
三、人为干扰下土壤水分动态特征	(190)
四、不同干扰条件下土壤水分的模拟	(196)
第三节 径流特征	(204)
一、杉木林地的产流汇流特征分析	(204)
二、径流规律	(206)
三、杉木林集水区人为干扰的径流动态及模拟	(212)
第四节 蒸散规律	(223)
一、蒸散的测定和计算方法	(223)
二、杉木林蒸散规律	(227)
三、水气扩散规律	(230)
第五节 水量平衡	(234)

一、森林水量平衡项	(234)
二、水量平衡	(236)
第六节 水循环的调节	(242)
一、林冠对降水的截留作用	(242)
二、林木蒸腾对水循环的调节	(243)
三、对径流的调节	(244)
四、对土壤水分的调节	(245)
五、杉木林系统的蓄水功能	(245)
第五章 杉木林生态系统的养分循环	(247)
第一节 研究方法	(247)
一、研究目标和实验设计	(247)
二、生物量中营养元素含量的测定	(248)
三、生物地球化学循环研究的样品采集和化学分析技术	(249)
第二节 植被的化学特征	(250)
一、杉木的营养元素含量	(251)
二、杉木微量元素含量	(263)
三、杉木种子营养元素含量	(266)
四、林下植被中营养元素含量	(269)
第三节 凋落物的化学特征	(272)
一、凋落物中营养元素含量的变化	(272)
二、凋落物的养分归还量	(275)
三、凋落物分解过程的养分含量变化	(275)
四、凋落物养分元素的分解速率	(277)
五、杉木林凋落物的养分释放量	(279)
第四节 土壤的化学特征	(280)
一、土壤营养元素	(280)
二、土壤中的氮素特征	(282)
三、土壤的微量元素	(283)
四、土壤酶活性及土壤肥力	(285)
五、杉木林间伐对土壤营养元素的影响	(295)
第五节 系统的养分库特征	(296)
一、杉木林养分的积累与分布特征	(296)
二、不同地域杉木林营养元素积累和分布特征	(301)
三、微量元素的积累与分配	(305)
四、间伐后杉木林生态系统养分动态	(306)
五、第 2 代杉木林速生阶段养分积累与分布	(312)

第六节 水文学过程中的水化学动态	(319)
一、水文学过程中的养分含量	(319)
二、降雨对养分的淋溶作用	(325)
三、水体中有机化合物动态	(329)
第七节 系统的养分流动与循环	(338)
一、氮素的动态特征	(338)
二、氮、磷、钾三种元素的动态模拟	(343)
三、系统的磷、钾、钙、镁元素动态与循环	(348)
四、重金属元素循环	(356)
五、微量元素的生物循环	(360)
六、大量元素的生物循环	(361)
七、大量元素的生物地球化学循环	(365)
八、第二代 7 年生杉木林系统养分动态	(369)
九、第二代 11 年生杉木林氮、磷、钾营养元素动态特征	(372)
十、第二代杉木幼林生态系统养分循环	(377)
第六章 杉木林的碳平衡	(381)
第一节 林地土壤 CO ₂ 释放量	(381)
一、林地 CO ₂ 释放量的测定方法	(382)
二、不同林地类型林地土壤 CO ₂ 释放量的比较	(382)
三、林地 CO ₂ 释放量与土壤水热条件、C/N 比的关系	(386)
四、林地 CO ₂ 释放量的昼夜变化	(390)
五、不同处理方式的林地 CO ₂ 释放量的比较	(391)
六、林地土壤 CO ₂ 释放通量	(391)
第二节 碳素库的动态变化及其平衡	(394)
一、研究方法	(394)
二、杉木林生态系统中各组分的碳素密度	(394)
三、不同年龄杉木各器官碳素的积累量	(396)
四、杉木人工林生态系统中碳素库的动态变化	(397)
五、杉木林中固碳量和 CO ₂ 同化净增量	(398)
六、杉木人工林生态系统的 CO ₂ 收支平衡	(399)
第七章 杉木林的经营管理	(402)
第一节 杉木林的经营历史	(402)
一、传统的杉木栽培制度	(402)
二、杉木人工林的传统经营类型及措施	(403)
第二节 现代杉木林经营的生态响应	(408)
一、皆伐后的生态响应	(408)

二、间伐后的生态响应	(413)
第三节 杉木人工林生态系统的生态恢复	(422)
一、采伐迹地植被生物量的自然恢复	(422)
二、生态恢复对温度的调节	(424)
三、生态恢复对幼林径流的调节	(430)
四、生态恢复对杉木林地微生物的调节	(434)
第四节 杉木人工林的可持续经营	(438)
一、杉木林资源管理	(438)
二、杉木人工林可持续经营的建议	(439)
第八章 杉木林生态系统服务功能	(441)
第一节 森林生态服务功能的价值评价方法	(441)
一、替代市场法	(441)
二、模拟市场法	(442)
第二节 杉木林生态系统服务功能的价值评估	(444)
一、木材生产效益	(444)
二、涵养水源效益	(444)
三、固土保肥效益	(449)
四、改良土壤效益	(451)
五、净化大气效益	(451)
参考文献	(456)

CONTENTS

Foreword

Preface

Chapter 1 Chinese Fir Plantation Community Ecosystem	(1)
1-1 Growth Process of Community	(1)
• Young Grove Stage before Closing	(1)
• Crown Closing Stage (or Young Grove Forming Stage)	(2)
• Crown Extending Stage (or Stun Accumulating Stage)	(2)
• Mature Stage	(3)
• Excessive Mature Stage	(3)
1-2 Community Types of Chinese Fir	(3)
• Floristic Classification	(4)
• Polar Ordination	(5)
1-3 Structure Characteristics of Chinese Fir	(6)
• Appearance Structure and Living Forms in Different Types	(6)
• Distribution of Standing Wood Number According to Steps of Stun	(12)
• Changing Laws of Tree Height	(15)
• Storage Structure of Chinese Fir Plantation	(16)
• Crown Architecture	(19)
1-4 Succession Laws of Chinese Fir Community	(23)
• Standing Wood Disintegration and Natural Scarcity	(23)
• Understory Succession in Chinese Fir Plantation	(26)
1-5 Diversity of Chinese Fir Plantation Ecosystem	(27)
• Species Diversity in Community	(27)
• Index of Species Diversity in Community	(44)
• Species Changing Trend of Different Layer	(45)
• Analysis of Species Diversity and Resemblance in Cutover	(46)
• Diversity and Stability of Community	(48)
Chapter 2 Biomass and Production of Chinese Fir Plantation	(49)
2-1 Estimated Method and Model of Biomass	(49)

• Basic Concepts of Measuring Biomass	(49)
• Method of Estimate Biomass-Take Samples in Various Grades	(51)
• Estimate Model: Establish Relative Growing Relationship	(54)
• Transform Parameters in Measuring Single Stem Biomass	(58)
2-2 Construction Characteristics of Biomass	(66)
• Construction Characteristics of Chinese Fir Plantation Biomass	(66)
• Construction Characteristics of Chinese Fir Plantation Biomass in Various Stages	(67)
• Comparison of Characteristics of Chinese Fir Plantation Biomass in Various Regions	(68)
• Construction Characteristics of Chinese Fir Plantation Biomass in Various Density Groups	(70)
• Comparison of Characteristics of Chinese Fir Plantation Biomass in Various Generations	(70)
2-3 Amount of Litter and Its Evolution	(73)
• Research Method	(73)
• Litter Amount and Composition of Chinese Fir Plantation in Different Years	(73)
• Litter Changes	(74)
• Litter Decomposition	(76)
2-4 Biomass Dynamic Pattern in Chinese Fir Plantation	(80)
• Biomass Dynamic in Chinese Fir Plantation Ecosystem	(80)
• Biomass Distributed Pattern in Arbor Stratum	(81)
• Understory Biomass Dynamic in Chinese Fir Plantation	(82)
2-5 Production of Chinese Fir Plantation	(83)
• Net Production of Chinese Fir Plantation	(84)
• Relationship of Surface Area, Leaves Quantity and Productivity	(89)
• Net Photosynthetic Productivity of Leaves	(91)
• Changes of Surface Area Exponent in Chinese Fir Plantation	(92)
2-6 Growing and Estimate Model of Whole Wood	(94)
• Grow Model of Whole Wood	(94)
• Estimate Productivity Model of Whole Chinese Fir Plantation ...	(99)
Chapter 3 Energy Stream of Chinese Fir Plantation Ecosystem	(103)

3-1	Motive Power Effect and Parameter	(103)
	• Calculation of Motive Power Parameter	(103)
	• Motive Power Parameter and Its Effect	(107)
	• Analysis of Parameter Application	(109)
3-2	Kinetic Energy Delivery	(110)
	• Wind Velocity Distribution	(110)
	• Kinetic Energy Transmission	(115)
3-3	Environmental Energy	(120)
	• Basic Weight Calculation of Environmental Energy	(120)
	• Changing Laws of Environmental Energy	(122)
	• Ratio of Whole Environmental Energy and Various Basic Energy	(125)
3-4	Radiation Energy Balance of Crown Canopy	(126)
3-5	Net Radiations and Its Balance	(128)
	• Turbulent Heat	(128)
	• Soil Thermal	(133)
	• Changing Quantity of Wood Storage Thermal	(145)
	• Talent Heat	(146)
	• Net Radiation Balance	(149)
3-6	Effects of Crown Canopy and Woodland Surface on Energy Balance	(150)
	• Effect of Crown Canopy on Energy Balance	(150)
	• Effect of Woodland Surface on Energy Balance	(154)
	• Comparison on Energy Exchange in Crown Canopy and Woodland	(160)
3-7	Photosynthetic Energy Storages and Distribution	(165)
	• Dry Weight Calorific Value of Each Component of Chinese Fir	(165)
	• Energy Storage in Chinese Fir Plantation	(166)
	• Energy Distribution of Each Component	(167)
	• Spacial Distribution of Energy Storage	(168)
	• Difference of Energy Storages and Distribution between Huitong and Zhuting in Chinese Fir Plantation	(168)
Chapter 4	Water Cycle in Chinese Fir Plantation Ecosystem	(170)
4-1	Precipitations and Its Distribution	(170)
	• Crown-interception Precipitation	(170)

• Model of Crown-interception	(176)
4-2 Soil Moisture	(183)
• Physical Characteristic of Soil Hydrology	(183)
• Dynamic Regularity of Soil Hydrology	(185)
• Hydrology Dynamic Characteristics of Soil Moisture by Artificial Interference	(190)
• Model of Soil Moisture on Different Artificial Interference	(196)
4-3 Runoff Characteristics	(204)
• Character Analysis of Production-flow and Afflux	(204)
• Runoff Laws	(206)
• Simulation and Dynamic Runoff by Artificial Interference in Chinese Fir Watershed	(212)
4-4 Evapotranspiration Laws	(223)
• Measuring and Calculation of Evapotranspiration	(223)
• Evapotranspiration Laws of Chinese Fir Plantation	(227)
• Vapor Dispersion Laws	(230)
4-5 Water Balance	(234)
• Water Balance Item in Forest	(234)
• Water Balance	(236)
4-6 Adjustment of Water Cycle	(242)
• Function of Crown-interception	(242)
• Transpirations Adjustment to Water Cycle	(243)
• Adjustment to Runoff	(244)
• Adjustment to Soil Moisture	(245)
• Storage Function of Chinese Fir Plantation Ecosystem	(245)
Chapter 5 Nutrient Cycle in Chinese Fir Plantation Ecosystem	(247)
5-1 Research Method	(247)
• Research Target and Experiment Design	(247)
• Measuring Biomass and Its Nutrient Element	(248)
• Forest Physics and Chemistry in Process of Hydrology	(249)
5-2 Vegetation Chemistry Properties	(250)
• Nutrient Element Content in Chinese Fir Plantation	(251)
• Micro-nutrient in Chinese Fir Plantation	(263)
• Macro-nutrient in Chinese Fir Plantation	(266)
• Nutrient Element Content in Understory Vegetation	(269)
5-3 Litter Chemistry Properties	(272)

• Changing of Nutrient Element Content in Litter	(272)
• Nutrient Returned of Litter	(275)
• Nutrient Density Change of Litter in Process of Decomposition	(275)
• Decomposition Rates of Litter Nutrient Element	(277)
• Litter Nutrient Releasing of Chinese Fir Plantation in Watershed	(279)
5-4 Chemistry Properties of Soil	(280)
• Soil Nutrient Element	(280)
• Properties of Nitrogen in Soil	(282)
• Micro-nutrient in Soil	(283)
• Enzyme Activity and Fertility in Soil	(285)
• Effects of Intermediate Cutting on Soil Nutrient Element	(295)
5-5 Nutrient Storehouse Properties of System	(296)
• Chinese Fir Plantation Properties of Nutrient Element Accumulation and Distribution.	(296)
• Chinese Fir Plantation Properties of Nutrient Element Accumulation and Distribution in Various Regions	(301)
• Accumulation and Distribution of Micro-nutrient	(305)
• Nutrient Dynamic of Chinese Fir Plantation Ecosystem after Intermediate Cutting	(306)
• Nutrient Elements Accumulation and Cycling in Second Rotation Chinese Fir Plantation at Fast-growing Stage	(312)
5-6 Water Chemical Dynamic in Process of Hydrology	(319)
• Nutrient Content in Process of Hydrology	(319)
• Nutrient Leaching of Rainfall	(325)
• Organic Compound Dynamic	(329)
5-7 Nutrient Flowing and Cycling in System	(338)
• Dynamic Properties of Nitrogen	(338)
• Dynamic Stimulation of N, P and K	(343)
• Dynamic and Cycle of P, K, Ca, and Mg in System	(348)
• Heavy Metal Cycle Chinese Fir Plantation	(356)
• Biological Cycling of Micro-nutrient	(360)
• Biological Cycling of Macro-nutrient	(361)
• Biogrochemical Cycling of Macro-nutrient	(365)
• Nutrient Dynamic in the Second Generation of Seven-year	

Fir Stand	(369)
• N, P and K Dynamic in the Second Generation of Eleven-year Fir Stand	(372)
• Nutrient Cycle in the Second Generation of Young Chinese Fir Plantation	(377)
Chapter 6 Carbon Balance in Chinese Fir Plantation	(381)
6-1 Soil CO ₂ Evolution on Forest Area	(381)
• Measuring Method of Soil CO ₂ Evolution	(382)
• Comparison of Soil CO ₂ Evolution in Various Woodland Types	(382)
• Relationship of Soil CO ₂ Evolution, Water and Heat in Soil and C/N Ratio	(386)
• Circadian Changes of Soil CO ₂ Evolution in Woodland	(390)
• Comparison of Soil CO ₂ Evolution in Various Handling Method	(391)
• CO ₂ Flux from Woodland	(391)
6-2 Dynamic Changes and Balance of Carbon	(394)
• Survey Method	(394)
• Carbon Densities of Every Component in Chinese Fir Plantation Ecosystem	(394)
• Carbon Accumulating Amounts of Every Organ in Various Ages	(396)
• Dynamic Changes of Carbon in Chinese Fir Plantation Ecosystem	(397)
• Annual CO ₂ Storage and Net Assimilated Accumulation	(398)
• Carbon Balance of Chinese Fir Plantation Ecosystems	(399)
Chapter 7 Manage Chinese Fir Plantation	(402)
7-1 Managed History of Chinese Fir Plantation	(402)
• Traditional Cultivating System of Chinese Fir Plantation	(402)
• Traditional Management Type and Measure of Chinese Fir Plantation	(403)
7-2 Modern Managing Chinese Fir Plantation	(408)
• Ecology Answer after Clear-cutting	(408)
• Ecology Answer after Intermediate-cutting	(413)
7-3 Ecology Recovery of Chinese Fir Plantation Ecosystem	(422)
• Natural Biomass Restoration in Clear-cutting Land	(422)