

博士
林
业
文
库

郭建钢 等 编著

山地森林作业 系统优化技术



中国林业出版社

策划编辑 徐小英
责任编辑 杨长峰
封面设计 聂崇文
版式设计 沈江

著者简介

郭建钢 男，1962年生，浙江诸暨人。1982年获南京林产工业学院工学学士学位，1998年师从我国著名竹类及森林生态专家、南京林业大学熊文愈教授，获理学博士学位。现为福建农林大学副教授，主要从事森林生态采运技术和交通运输系统规划及环境影响评价等的教学与研究工作。曾主持和承担多项省部级科研课题，其中1项获福建省科技进步三等获；合作编著出版了著作1部；在全国核心学术刊物上发表学术论文20余篇。

ISBN 7-5038-3264-9



9 787503 832642 >

定价：38.00元

博士林业文库

山地森林作业 系统优化技术

郭建钢 等 编著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

山地森林作业系统优化技术/郭建钢等编著. —北京: 中国林业出版社, 2002. 10
(博士林业文库)

ISBN 7-5038-3264-9

I. 山… II. 郭… III. 山地-森林-采育择伐-最佳化-研究 IV. S752.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 085527 号

出版: 中国林业出版社 (100009 北京市西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: 66184477

发行: 中国林业出版社

印刷: 北京林业大学印刷厂

版次: 2002 年 10 月第 1 版

印次: 2002 年 10 月第 1 次

开本: 880mm×1230mm 1/32

印张: 10.75

字数: 339 千字

印数: 1~1 000 册

定价: 38.00 元

序

森林是地球上最重要的陆地生态系统，占有巨大的三维空间。以乔灌木为主体的植物、动物、微生物，结合地理位置、地形条件，与所在环境中的光、热、水、气、土等按时间、空间变化，组成了相互作用、相互依存、次列有序的物质循环和能量流动的自然生态系统。有丰富的生物资源，稳定理想的生态环境，是人类孕育发展的摇篮。

随着人口增殖、生产发展、耕地开拓扩大、木材耗用增加，森林面积和资源也随之而不断缩减。特别是工业革命以后，木材需要量激增，以最有效的方式、手段、设备，对森林资源进行“竭泽而渔”式开发，使千百年来发展形成的森林自然生态系统遭到毁灭性的破坏。到了 20 世纪的中后期，水灾旱灾、土地沙化、环境污染更日趋严重，直接威胁到人类生存和发展，引起了世界人民和各国政府的共同关注。

中国是古老的农业大国，山地面积大，人口增殖快，在长期发展演变过程中，将林地辟为耕地，林木代作材薪，到建国前夕，仅存的森林面积尚不足国土面积的 10%，而且多分布在边远山区。新中国成立以来，政府采用一系列的政策措施，如保护天然林、营造人工林、限制采伐量、采育兼顾、封山育林、退耕还林等，森林面积和资源仍然增长有限。而水、旱、风、沙等各种自然灾害和环境污染，仍然十分严重。

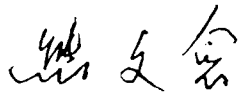
因此，山地森林作业应本着如下指导思想：森林是生态系统，林业是生态系统工程，森林采运作业和营林作业是林业生态系统工程中的主要环节，关系到森林生态系统的组成、结构、功能和效益。必须全局考虑、综合处理、采育结合，才能保证森林生态系统工程资源与环境的永续利用和可持续发展。

郭建钢博士等根据多年教学、科研、生产方面的丰富知识和实践经验，将有关的理论、观点、方法、技术、应用、效益诸方面的资料和信息，结合中国林业情况，编著成册。

该书对传统山地森林作业系统所包括的采伐季节、方式、类型、强度、打枝、造材、集材、迹地清理、剩余物利用、木材运输方式、道路、工具和设施等，以及有关问题的研究动态，都作详细分析讨论，比较利弊得失，指出如何从传统工业式生产的森林采运作业转变为生态型的采运体系，并指出当前生态型采运方面研究的不足之处和研究方向。

近年来，森林作业系统理论“琳琅满目”。该书就新林业理论、近自然林业理论、林业分工论、林业可持续发展理论、森林分类经营理论等的主要论点，进行分析和讨论。认为它们各有千秋，各有理论依据、应用原则、实施范围、预期目标。它们既有共同之处：都重视森林资源形成、保护生态环境、发挥综合效益（生态、经济、社会）的持续发展；也有相异之处，诸如各自强调某些侧面，执行方式手段，应用范围亦有所不同。同时，该书还对福建林业的可持续发展现状和面临的问题也作了系统分析，并提出解决的途径。以杉木林、马尾松林、常绿阔叶林的试验研究为例，讨论分析了各种作业类型、方式、手段对森林生产和环境的影响，特别是采伐、集材、炼山、林道建设等对林地土壤物理和化学性质、水土流失等的影响。

该书内容丰富新颖，理论联系实际，深入浅出，行文流畅，学术价值高，是一本山地森林作业系统的好书。对森林资源持续生产、永续利用、生态环境保护诸方面都有参考价值。



2002年9月于南京

前 言

我国 1.6 亿 hm^2 的森林面积覆盖着辽阔的平原、丘陵和山地，其中丘陵和山地森林面积占绝大部分。随着我国可持续发展战略的确定，引发了对我国林业主导需求的改变，林业的定位也随之发生了重大的转变，我国林业的新定位充分体现了“三大效益兼顾”和“生态优先”原则，如何根据南方林区特别是福建林区的具体情况，结合我国林业“四大区域”战略，建设比较完备的林业生态体系和比较发达的林业产业体系，是广大林业工作者正在探索的问题，这里涉及的一个重要问题是如何对不同森林生态系统进行合理的作业。

“山地森林作业系统优化的研究”这一研究课题，共包括“闽北马尾松林生态采伐作业机理的研究”“福建省马尾松林采育结合系统的研究”“福建省主要用材林生态采运技术的研究”等课题。课题组的研究人员本着“森林是生态系统，林业是生态系统工程，森林采运作业和营林作业是林业生态系统工程中不可分割的 2 个子系统和主要环节，关系到森林生态系统的组成、结构、功能和效益，必须全局考虑、综合处理、采育结合，才能保证森林生态系统工程资源与环境的永续利用和可持续发展”的指导理想，选择了福建省的杉木林、马尾松林、常绿阔叶林等 3 种主要林分作为研究对象，研究了山地森林各种作业模式对这 3 种森林生态系统和环境的影响。课题组成员经过不懈努力和不断探索，历时 6 年，完成了这一课题的研究。参加课题研究的人员有郭建钢、周新年、杨玉盛、景芸、游明兴、陈长雄、王国良、张利明、邱仁辉、冯建祥、林海明、潘仁钊、章若鸿、詹步清、张庆美等。最后由郭建钢博士进行系统总结和归纳、整理成书，并由南京林业大学粟金云教授主审。在此，编著者对课题组全体成员的通力合作和大力支持，深表感谢。

本书内容分两大部分：第一部分（第 1、2 章）就森林的组成、结构，联系到所在环境因素的各方面，分析讨论其相互联系、相互作用、相互

影响的多种动态、功能、效益（生态、经济、社会），分析其利弊得失，作为优化森林作业的理论基础。第二部分（第3~6章）为采运作业方式沿革、森林作业系统构建理论、伐区作业的环境影响分析以及作业的评价和优化模式。全书贯穿了编著者多年来的教学、科研工作的主要学术成果，以及所收集的大量国内外第一手资料。在撰写过程中，注重系统性、实用性和前沿性，力求以系统科学的思想，较全面、定量地阐述了不同山地森林作业系统对山地森林生态系统的影响，并提出不同系统的优化作业模式。

本书在研究和撰写过程中，分别得到国家自然科学基金、福建省自然科学基金、福建省教育厅科研基金、福建省林业厅科研基金和福建农林大学博士专著出版基金的资助；福建省沙县林业局、建瓯市林业局、将乐龙栖山自然保护区和南平市林业局等单位对本研究的外业调查工作予以大力的支持。在此表示深深的谢意。

本书在撰写过程中，承蒙我国著名森林生态学家熊文愈教授、南京林业大学粟金云教授和福建农林大学周新年教授的热情鼓励和多方面帮助。3位导师帮助修订编著大纲、仔细审阅本书初稿，并提出许多宝贵的修改意见。导师们的谆谆教导和严谨的治学态度给了编著者深深的启迪。特别是本书定稿后，导师熊文愈教授以80多岁的高龄为本书作序。在此，向他们深深的鞠躬。

谨向为本书提供帮助的专家、教授和朋友们表示由衷的感谢。

特别感谢中国科学院会同森林生态定位站原站长廖利平博士提供了部分资料。

由于水平和时间所限，书中疏误不足之处难免，恳请批评指正。

编著者

2002年9月

目 录

序	熊文愈
前 言	编著者
第 1 章 山地森林生态系统	(1)
1 系统与生态系统	(1)
2 森林生态系统	(5)
3 山地森林生态系统	(7)
参考文献	(11)
第 2 章 山地森林资源与环境	(12)
1 森林环境及其要素分析	(12)
2 森林的大气环境	(15)
3 森林的土壤环境	(28)
4 森林环境与火	(40)
5 森林的水分环境	(52)
6 森林的生物环境	(74)
参考文献	(98)
第 3 章 山地森林作业方式的沿革	(100)
1 伐区木材作业方式及其发展	(101)
2 采伐方式	(104)
3 伐木与打枝	(118)
4 造材和剥皮	(117)
5 集材作业	(136)
6 采伐迹地清理和采伐剩余物利用	(145)
7 木材运输	(150)
8 传统森林作业方式存在的主要问题	(159)
参考文献	(164)

第 4 章 山地森林作业系统理论	(168)
1 山地森林作业系统的构建	(168)
2 山地森林作业系统理论简介	(168)
3 福建省林业可持续发展现状与途径	(191)
参考文献.....	(198)
第 5 章 山地森林作业系统对森林生态系统的影响	(200)
1 概 述	(200)
2 主伐作业对杉木人工林生态系统的影响	(201)
3 采伐方式对马尾松林生态系统的影响	(208)
4 择伐作业对常绿阔叶林生态系统的影响	(220)
5 集材方式对常绿阔叶林林地土壤扰动和理化性质的影响	(223)
6 集材方式对林地土壤影响的综合比较分析	(234)
7 采集方式对马尾松林天然更新的影响	(238)
8 采伐剩余物处理方式对杉木、马尾松和阔叶林生态系统的 影响	(243)
9 造林模式对杉木人工林生态系统的影响	(269)
10 造林模式对马尾松林地土壤的影响.....	(270)
11 不同间伐强度对马尾松林生长的影响.....	(276)
12 木材运输作业对生态环境的影响.....	(281)
参考文献.....	(296)
第 6 章 山地森林作业系统评价和优化模式	(299)
1 杉木人工林采伐作业的生态效益定量评价	(300)
2 马尾松林作业系统评价与优化模式	(305)
3 常绿阔叶林采集作业模式的选优	(315)
4 运材作业和林道网对森林综合效益的影响评价	(326)
参考文献.....	(331)

第 1 章

山地森林生态系统

1 系统与生态系统

1.1 系统的基本概念

系统是多个互相制约、互有联系的元素共处的统一体。或者说，系统是相互关联着的元素集合，以集体行为完成特定功能的有机结合体（徐一飞，1991）。因此构成系统需要 3 个条件：①需有 2 个以上的元素；②各元素之间互有联系；③能完成特定的功能。与系统概念有关的还有“要素”“结构”“功能”“行为”，以及与系统并存的“环境”。

（1）要素：系统要素是系统内部相互作用的基本组成部分，是完成系统某种功能的最小单元。因此，要素是根据系统的目的及所应具备的功能而确定的。因为任何人造系统均有其目的性，目的是由若干功能去实现的，而要素又是完成功能的最小单元。一个系统常具备多种功能，某些关系极为密切的要素常组成一个子系统，去完成某种功能，所以子系统是部分要素的集合，而系统是全部要素的集合。从宏观及微观上分析任何事物，向下或向上均可无限制地分解和组合下去，乃至无穷。但是，系统的要素必须是相对的，它分解到任何程度是根据系统的目的和应具备的功能来决定的。

要素之间的联系是有向的，它们有单向、双向、直接、间接之分。要素之间的联系按其作用形式可分为影响关系、从属关系、制约关系、协同关系、对抗关系、因果关系等。

（2）结构：系统结构是系统所含要素的联系方式。系统结构是要素的秩序，是系统要素在时间与空间上有机联系与相互作用的方式或秩序，是系统内部的描述，是决定系统功能的内因，也是系统功能的保证和作

功的渠道。只有要素而无联系，或虽有联系，但却杂乱无章不能完成某项功能，均不能称之为系统。要素间的相互作用及其联系表现为物质、能量及信息的流动。这些流动通过系统的有机结构而作功——即完成系统的功能。

系统要素虽相同，但结构不同，可以组成不同系统，但结构相同，系统必然相同。金刚石与石墨就是一个明显的例子，虽然它们的化学成分都是碳，但由于原子排列结构不同，性能就出现了根本差异，金刚石透明、不导电、硬度高，而石墨却相反，不透明、导电、硬度低。因此，不同系统具有不同的结构，不同结构会产生不同的功能。也可以说，系统是结构和功能的统一体。对每一系统来讲，其结构都是有序的，否则功能就会造成紊乱。它不仅适用于工程系统，也适用于社会、经济等系统。社会、经济要素虽相同，但目的及结构不同，功能也会产生差异。

(3) 功能：系统功能是系统与环境相互作用过程的秩序和能力。功能是系统对其外部的影响，是系统对环境的作用和输出。功能也是系统结构的结果。系统只有具备一定的结构后才具有功能。系统丧失功能，也就失去了存在的价值。环境对系统的需求，主要是指功能需求，而不是系统结构本身。失去功能的系统，结构虽存，却犹如废物。

(4) 行为：系统行为是系统存在于环境之中。输入表现为环境作用于系统，系统受环境刺激作用，产生响应或反作用于环境，即系统的输出，这种作用与反作用（或影响）现象是描述系统外部活动的行为过程与状态。一个（或一组）输入引起一个（或一组）输出。所以，系统行为又是完成一系列输入与输出活动的集合。系统的结构与行为，犹如物理学中的空间与时间。系统结构是系统要素在空间的联系，在一定的时间内认为是不变的，而系统的行为则是随时间变化的，不仅有量变，还可能有质变。如果系统结构也随时间变化了，则可以看做是系统有了演变。系统对环境的适应与调节能力，可视为系统结构的弹性表现，并不意味着结构有了本质变化。

(5) 环境：系统环境是与系统或系统要素相关联的其他外部要素的集合。任何系统都存在于一定的环境包围之中。因此，环境是系统外界事物及诸要素的集合。系统与环境的相互作用，一般表现为环境对系统的输入和系统对环境的输出。

由于客观事物的复杂性,使系统具有多层次结构,即系统从横向分解为若干子系统(或分系统),每个子系统从纵向又可层层分解,分成若干层次的子系统,最后层次为要素,要素是完成系统功能的最小单元。

因此,系统具有以下方面的特征:

(1) 目的性:设计一个新系统或改造一个原有系统都是为了实现一定目的,因此人工系统都有鲜明的目的性。在完成系统总目的要求下,首先制定总目标及总功能;并层层分解,落实到各基层组织,明确责任、岗位,协同工作。

(2) 层次性:系统结构具有鲜明的层次性。某系统从属于更大系统,成为更大系统的一个要素,而该系统的要素又可成为一个具有自己诸要素的更小系统。

(3) 集合性:系统是全部要素的集合,要素不仅有实体形态,还有赖以形成的概念形态。因此,集合也就有实物集合与概念集合之分。这2种集合是相辅相成的,只有硬件的实物集合,而无软件的概念集合去组织、管理、指挥、控制和决策是不能充分发挥系统的作用的。

必须指出,人的要素是不可忽视的,例如人的素质及能动性,犹如机械的性能和效率,但人的能动性和潜力是巨大的,而机械的性能和效率却又是有限的。在同样物质条件下,某级组织成员的思想、气质、协作和创新精神,往往起着重大作用。

(4) 关联性:系统的各个组成部分是相互联系、相互制约的。有了关联才会产生集合,没有关联性也就没有集合性。因此,作为一个系统,不仅要注意系统内部的关联性,还要注意系统与外部环境的关联性。一个系统的存在和运转,需要外部环境的输入,又向外部环境输出。通过系统的输入与输出,把系统要素与环境要素相互连接起来,并可能形成回路,随着时间的延长,就会严重地影响其他系统的生存和发展。

1.2 生态系统

森林生态系统的构成绝不是乔木等绿色植物以及其他生物成分简单地相加、堆积而成,而是按照一定的方式和秩序与周围非生物环境有机地结合在一起,共同作用,并具有多种功能的生态系统。概括地说,它是一个由生物、物理和化学成分相互作用、相互联系、关系复杂的功能

系统。系统内生物成分是关键，特别是绿色植物能够不断地生产有机物质，从而发展成为自我维持和稳定的系统。森林具有多种生态效益和生产各种有机物质的功能。因此，欲合理地进行森林经营管理，必须了解森林生态系统内相互作用的生物、物理、化学过程，以及人类活动对它所产生的影响和变化，对森林的了解，不能“只见树木，不见森林”；或者只见“生产木材的功能，不见森林其他多方面功能和效益”。森林生态系统整体结构和功能的研究，尤其是对森林生态系统功能的2个主要方面，即能量流动与养分循环过程的研究乃是现代生态学研究的基本核心。

为了弄清生态系统在生物科学中的位置及其研究范围，需要了解生物世界等级结构的概念。科学研究的一个重要任务，就是认识事物的层次性以及各个层次间的相互联系和相互转化。生物世界像其他系统一样具有层次性，每一层次既互相独立，又与上下层之间有密切的联系。生物分子是最基层的单位，比分子高一层次的是细胞，更高层次的是组织器官和器官系统。许多器官系统组成了生物个体，多个生物个体又组成了生物种群，多种种群组成更高层次的生物群落，比生物群落更高的层次是生态系统，全球的生态系统又构成生物圈或称生态圈。图1-1表示各层次之间的关系和相关的学科。各层次没有截然分开的界限，而是相互联系的。当然，每一层次都有明确的属性和存在的问题。例如生物种群

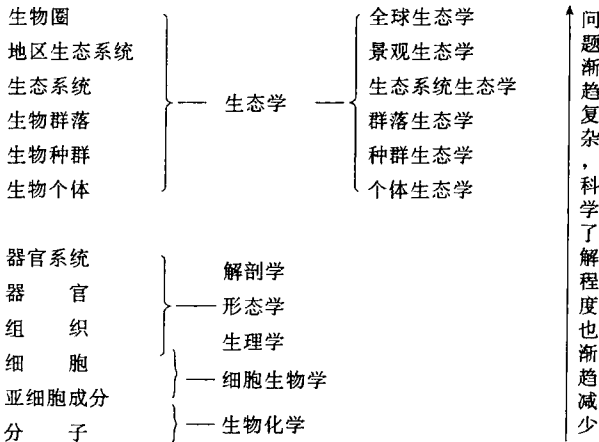


图1-1 生物世界组织层次性及有关科学(Kimmins,1987)

有密度问题（即单位面积的数量），而生物个体则无这一属性。生物群落有物种的多样性，而在种群水平上则无任何意义。当然科学家研究某一特定水平，必须了解其下一层次和其上一层次的联系，才能得到更好地说明。譬如，研究某生物种群的变化，就应了解生物个体的生态和生物学特性，以及这一种群在群落和生态系统中的地位及其所受到的影响等。

许多生态学家都明确指出，现代生态学的基本单位应是生态系统，但生态系统是生物世界中的一个较高的组织层次，有很多问题仍需要从其以下的层次（如个体、种群和群落）中寻找答案。当然，在研究个体、种群或群落时，因其处在一个生态系统整体之内，所以绝不能忽视或脱离系统对其所产生的影响。如个体生态学研究个体与其非生物环境的相互关系，所研究的应是生态系统环境中的生物个体。种群和群落生态学是研究一个生物种群和多种群与其生物和非生物环境的相互关系，所研究的应是生态系统中的种群或群落。生态系统生态学重点研究系统内各成分之间物质和能量的相互作用、相互联系和相互交换，以及系统的时空变化。简言之，生态系统生态学是研究生态系统结构、功能和动态的一门科学。

2 森林生态系统

生态系统作为一门学科，有其科学的定义和内涵。与其他系统一样，森林作为一个整体而论，就具有多种效益和功能，而单一树木或其他成分就不可能具备森林的功能。

一个生物物种在一定地域内所有个体的总和称为种群；在一定自然区域中，许多不同种的生物总和称为群落；任何群落与其周围环境的统一体就是生态系统。生态系统是在一定空间范围内，各生物成分（包括人类在内）和非生物成分（环境中的物理和化学因子），通过能量流动和物质循环而相互作用、相互依存所形成的一个功能单位。生态系统中的生物成分和非生物成分，对于地球上生命的维持，缺一不可。最大的生态系统是生物圈，即包括全球所有生物及其所在的自然环境。通常区分地球上的不同生态系统总是根据其中生物成分加以命名，如阔叶红松林生态系统、兴安落叶松林生态系统、杉木林生态系统等。实际上，这些

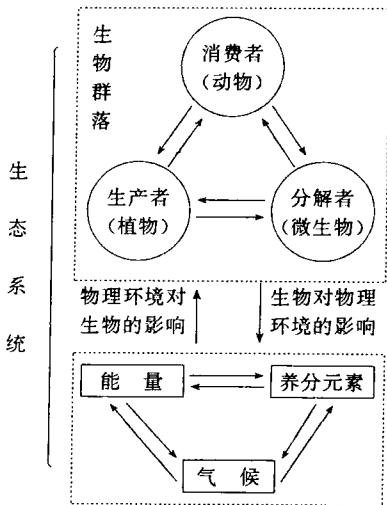


图1-2 生态系统内各成分的相互关系

生物成分通过一系列反馈机制不断地相互调节，如图 1-2。所以，生态系统不是静止的实体，而是具有能量流动、养分循环和结构变化，具有一定格局的动态系统。

可以说，生物学家经历了百年的认识过程，最后才真正认识到生物之间及其与周围环境之间的结构关系是一个功能实体的概念。回顾这一概念的形成，早在 1877 年默比乌斯就提出生物群落的概念，之后相应出现有小宇宙（1887）、自然复合体（1926）、群落社会（1927）和生物系统（1939）等概念。英国科学家坦斯利（1935）探讨了当时生态学上使用的一些术语和概念，首先提出了生态系统这一科学的概念，强调生物和环境的不可分割性。林德曼（1942）对生态系统作了更重要的说明，他提出凡在任何一个空间——时间范围内进行着的物理、化学和生物过程的系统即称为生态系统。怀梯克（1962）指出，一个生态系统是一个功能系统，它包含着生物群落（植物、动物和微生物）间及其所在环境间的相互作用和影响。奥德姆（1971）所著《生态学基础》一书提出更明确的当代生态系统的定义，“凡任一地段内所有生物（即生物群落）和所在的物理环境相互作用可导致能量流动，形成清晰可辨的营养结构、生物多样性和物质循环（即系统内生物和非生物之间的物质交换），便称其

生物的存在是受非生物因子制约的，所以通过这些优势种所构成的生态系统，就能正确判断其所在环境条件。古人云：“欲知地道，物其树。”地球表面多样的非生物环境的组合，从而呈现出生态系统镶嵌状分布的格局。各种生态系统结构和功能的区别，正是由于不同组合的非生物环境和其相应的生物种类的不同。每一生态系统均有其特定的结构和功能特征。非生物环境的变化，时常引起生物的变化，生物的变化又继续改变着环境。这样每一生态系统的生物成分和非生物