

社会-经济-自然复合生态系统  
可持续发展研究系列丛书之三

# 森林保护系统工程引论

吴 刚 夏乃斌 代力民 著



中国环境科学出版社

社会-经济-自然复合生态系统  
可持续发展研究系列丛书之三

# 森林保护系统工程引论

吴 刚 夏乃斌 代力民 著

中国环境科学出版社  
·北 京·

## 图书在版编目(CIP)数据

森林保护系统工程引论/吴刚等著.-北京:中国环境  
科学出版社,1999

ISBN 7-80135-803-1

I.森… II.吴… III.森林保护-系统工程-概论  
IV.S76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 12473 号

中国环境科学出版社出版发行  
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)  
北京天宇星印刷厂印刷  
各地新华书店经售

\*

1999 年 6 月第 一 版 开本 850×1168 1/32  
1998 年 6 月第一次印刷 印张 13.00 插页 0  
印数 1~1000 字数 400 千字

ISBN 7-80135-803-1/X·1424

定价: 38.00 元

# 森林保护系统工程引论

## 编辑委员会

主任:李文华

委员(以姓氏笔划为序):

于景元	马 中	王如松	牛文元	乌家培
邓述慧	叶文虎	冯宗炜	李京文	刘燕华
陈昌笃	陈吉元	尚 勇	吴 刚	高广生
郝吉明	赵景柱	胡鞍钢	傅伯杰	潘家华

欧阳志云

主办单位:中国科学院生态环境研究中心系统  
生态开放研究室

## 前 言

人类与有害生物之间的斗争是经历了一段漫长而曲折的道路。作者一方面为前辈的不懈探索、辛勤劳作所感动；另一方面为我们的祖先曾不得不在黑暗中摸索着前行而叹惜。虽然有个别防治方法暂时获得成功，曾犹如黑暗中的一道道闪光，似乎给人类带来过希望和光明。然而防治的实践无情的告诉我们，这种种防治“武器”，当碰上有害生物这小小的“精灵”时，终究瞬息而灭，使人类重新蹈入更深的彷徨之中。无数次的挫折使人们终于认识到，我们的对手并不只是成千上万、不断繁衍的小小生物，而是一个千姿百态、纷繁复杂多样的生态系统。因此随着近代科学技术的发展，特别是到了70年代以来，由于现代科学的三大理论支柱——控制论、信息论和系统论的日臻完善，并迅速的向有害生物的管理科学中渗透，使人们充分的认识到，如何运用系统工程的基本原理，来科学地制定控制有害生物的战略和策略，这是摆在我们面前一个亟需解决的研究课题。

作者在长期科研、教学实践过程中，特别是在当前改革浪潮的冲击下，深深的感受到，森保专业一直沿着原来传统的教学体制，主要是设立森林昆虫学、森林病理学、化学保护等诸种单科课程，而且着重于生物学原理和技术原理的教学。诚然，这些内容也是重要的和必要的，但是一触及到森保实践和社会实践，问题就变得更加复杂，以致于束手无策了。这就要求我们需要具备更高层次的能力，即把专业知识、系统科学以及计算机科学有机的结合起来，从知识领域的横向联系上，培养学生成为具有解决问题的综合能力。否则就会很容易流于“只见树木不见森林”。比如研究一个森保问题，森林昆虫、森林病理、化学保护、树木育种、森林土壤和

森林气象等专家常常会因侧重点或看问题的角度有所不同而各执己见,从某种意义上来说,它是有利于集思广益,相互取长补短。但若有人一味的固执己见,似乎全部真理都掌握在自己的手里,那他将会成为知识局限性和主观片面性的俘虏了。由此看来,旧的教学模式和课程设置必须打破,打破才能立新,立新才能提高,只有这样,才能适应当前教学改革形势发展的需要。

基于上述两方面的考虑,作者根据 1993 年林业部全国森保专业指导委员会长沙会议精神,按照上述思路,将自己的一家之见,毫不忌讳,半胆直书,其间定不乏浅陋与幼稚之处,不免贻笑大方矣。

本书仅是一个新的尝试,由于作者水平有限,错误之处在所难免,敬请各位专家、读者不吝指教。

作者

1998 年 4 月

# 目 录

## 前 言

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
一、森保系统的提出 .....	(1)
二、现代森保科学的发展趋势 .....	(2)
<b>第二章 系统科学与系统工程简介</b> .....	(5)
一、系统科学简介 .....	(5)
(一) 系统科学思想的主要发展过程 .....	(5)
(二) 系统的定义和属性 .....	(8)
(三) 系统的分类 .....	(12)
(四) 系统科学的基础理论 .....	(13)
(五) 系统科学的方法论 .....	(26)
二、系统工程概述.....	(35)
(一) 系统工程的研究内容 .....	(35)
(二) 系统工程的基本观点 .....	(38)
(三) 系统工程的工作程序 .....	(40)
<b>第三章 森保系统工程的基本观点及结构和功能</b> .....	(42)
一、森保系统工程的基本观点.....	(43)
(一) 森保工程系统的系统观 .....	(43)
(二) 森保工程的生态观 .....	(44)
(三) 森保工程的经济观 .....	(47)
(四) 森保工程的社会观 .....	(48)
二、森保工程的逻辑结构和功能.....	(50)
<b>第四章 系统分析在森林有害生物生态系统中的应用</b> .....	(53)
一、系统分析的特点.....	(53)

二、系统分析的步骤	(54)
(一) 定义系统和确定目标	(54)
(二) 进行与模型有关的资料分析	(54)
(三) 建模与模拟	(55)
(四) 模型的验证	(55)
(五) 灵敏度的分析	(55)
(六) 模型的应用	(56)
三、森林有害生物生态系统的组分与结构	(57)
(一) 森林有害生物生态系统的组分	(57)
(二) 森林有害生物生态系统的结构	(59)
四、同一生物组分内个体之间和不同生物组分之间相互作用关系的数学模型	(60)
(一) 同一生物组分内个体之间相互作用关系的数学模型	(60)
(二) 不同生物组分之间相互作用关系的数学模型	(63)
五、环境因素对生物组分的作用及其数学模型	(70)
(一) 林业措施对有害生物的影响	(70)
(二) 森保措施对有害生物的影响	(71)
(三) 气象因素对有害生物的影响	(72)
六、充分发挥自然控制因素对有害生物的调控作用	(80)
<b>第五章 森林有害生物生态系统的系统监测</b>	<b>(83)</b>
一、有害生物种群的空间格局及其抽样技术	(86)
(一) 有害生物种群的空间格局	(86)
(二) 有害生物种群的估值抽样	(88)
二、害虫的监测	(109)
(一) 发生期的监测	(109)
(二) 发生量的监测	(111)
(三) 危害程度的监测	(111)
(四) 发生范围的监测	(112)
三、传播病毒昆虫的监测	(112)



四、病害和病原物的监测 .....	(113)
(一) 病害的监测 .....	(113)
(二) 病原物的监测 .....	(116)
(三) 病原物生理小种的监测 .....	(118)
五、森林害鼠种群数量的调查方法 .....	(118)
六、检疫性病虫害的监测 .....	(120)
七、有害生物抗药性的监测 .....	(121)
八、有害生物的监测 .....	(122)
九、林木动态的监测 .....	(123)
十、环境监测 .....	(123)
<b>第六章 森林有害生物生态系统的系统预测</b> .....	<b>(125)</b>
一、系统预测的目的和意义 .....	(125)
二、系统预测的基本原理 .....	(126)
三、系统预测的类型和方法 .....	(127)
(一) 系统预测的类型 .....	(127)
(二) 系统预测的方法 .....	(128)
四、多种种群之间相互作用的系统预测模型 .....	(159)
(一) 一种捕食者两种被食者的差分模型 .....	(159)
(二) 多种病害混生的预测模型 .....	(160)
(三) 两种捕食者一种被食者的差分模型 .....	(160)
五、森林有害生物对林木的危害损失及其数学模型 .....	(161)
(一) 有害生物对植物危害损失的数学模型 .....	(162)
(二) 有害生物种群的不同空间格局对植物产量损失关系的数学 模型 .....	(174)
(三) 其它因素对有害生物种群密度(或疫情)—植物产量损失关系 的影响 .....	(182)
(四) 多种有害生物危害的损失估计模型 .....	(183)
六、防治效果的预测 .....	(183)

(一) 虫情(或疫情)的防治效果与产量效果 .....	(184)
(二) 防治效果的计算方法 .....	(184)
(三) 产量效果的计算方法 .....	(195)
七、植物品种抗病性的寿命与小种群流行的预测 .....	(196)
八、抗药性动态的预测 .....	(197)
九、超长期的预测 .....	(199)
十、预测预报的经济效益 .....	(200)
<b>第七章 森保系统工程中的系统管理</b> .....	<b>(206)</b>
一、有害生物系统管理的新思考——人与自然的关 系 .....	(206)
(一) 无敌的消灭哲学阶段 .....	(206)
(二) 妥协的容忍哲学阶段 .....	(206)
(三) 系统管理的哲学阶段 .....	(207)
二、森保系统工程中的系统管理 .....	(209)
(一) 系统管理的作用与类别 .....	(209)
(二) 森保系统工程中系统管理的三大层次 .....	(210)
(三) 森保系统工程中四级管理的设想 .....	(211)
三、综合防治的系统管理 .....	(216)
(一) 内容和过程 .....	(216)
(二) 管理 .....	(217)
(三) 信息系统 .....	(219)
(四) 有害生物系统管理模型的数学结构 .....	(221)
<b>第八章 森保系统工程中的管理决策</b> .....	<b>(224)</b>
一、管理决策的概念和研究意义 .....	(224)
二、决策的组成和决策的基础 .....	(225)
(一) 决策的组成 .....	(225)
(二) 决策的基础 .....	(226)
三、决策的类型 .....	(228)

四、决策的过程 .....	(231)
五、决策者应注意的几个问题 .....	(234)
六、决策模型 .....	(236)
(一) 概念 .....	(236)
(二) 要素 .....	(237)
(三) 求解方法 .....	(239)
七、决策方法在森保管理中的应用 .....	(243)
(一) 利用经济阈值进行决策 .....	(243)
(二) 不确定性决策 .....	(252)
(三) 风险决策 .....	(259)
(四) 静态决策 .....	(261)
(五) 动态决策 .....	(265)
(六) 层次分析方法在决策中的应用 .....	(273)
<b>第九章 有害生物管理中的经济阈值及其数学模型</b> .....	<b>(284)</b>
一、经济阈值的概念 .....	(285)
二、经济阈值的数学模型 .....	(295)
(一) 固定经济阈值模型 .....	(295)
(二) H. C. Chiang(1979)的一般模型 .....	(299)
(三) 经济阈值的通用数学模型 .....	(301)
(四) 多维的动态经济阈值模型 .....	(305)
(五) 多种有害生物的复合经济阈值模型(Hutchins, 1988) .....	(310)
三、经济阈值研究的进展 .....	(317)
<b>第十章 森林有害生物管理系统中的效益评估</b> .....	<b>(323)</b>
一、与效益评估相关的几个概念 .....	(323)
二、效益评估的目的和意义 .....	(324)
三、效益评估的步骤 .....	(325)
四、有害生物管理系统中的三大效益评估 .....	(326)

(一) 经济效益的评估 .....	(326)
(二) 生态效益的评估 .....	(330)
(三) 社会效益的评估 .....	(333)
<b>第十一章 有害生物管理系统中计算机辅助决策技术.....</b>	<b>(336)</b>
一、文件管理系统(File Management system, FMS) .....	(337)
二、数据库管理系统(Data Base Management System, DBMS) .....	(338)
三、管理信息系统(Management Information System, MIS) .....	(340)
四、决策支持系统(Decision-making Support System, DSS) .....	(340)
(一) 模型库及其管理系统 .....	(341)
(二) 数据库及其管理系统 .....	(343)
(三) 方法库及其管理系统 .....	(344)
(四) 人一机接口 .....	(344)
五、地理信息系统(Geographic Information System, GIS) .....	(346)
(一) 数据输入模块(或称数据输入亚系统) .....	(346)
(二) 数据库管理模块(或数据训管理亚系统) .....	(347)
(三) 数据分析模块(或称空间数据的操作和分析亚系统) .....	(347)
(四) 数据输出显示模块(或输出亚系统) .....	(347)
六、专家系统(Expert System, ES) .....	(350)
(一) 专家系统的概念 .....	(351)
(二) 研究专家系统的意义 .....	(352)
(三) 专家系统的基本结构 .....	(354)
(四) 专家系统设计的基本原理 .....	(357)
(五) 专家系统与传统程序的比较 .....	(368)
(六) 组建专家系统的一般过程 .....	(368)

(七) 专家系统在 IPM 中应用的实例 .....	(371)
七、计算机辅助决策技术的发展趋势 .....	(385)
<b>参考文献</b> .....	<b>(394)</b>

# 第一章 绪 论

## 一、森保系统工程的提出

回顾数千年来病虫害防治的历史,人们经历了一条漫长而又曲折的道路。归结起来,大致可分为如下4个阶段:(1)以生物学为理论基础的单一防治阶段,即采取单一方法对危害单一植物的单一虫或单一病进行防治。(2)以生物学和生态学为理论基础的综合防治(IPC)阶段,即采取多种方法对危害单一植物的单一和多种病虫进行防治。(3)以生物学、生态学和经济学的综合管理阶段(IPM),即采取多种方法对生态系统中的多种病虫进行防治。(4)以生物学、生态学、经济学和社会学为理论基础的植保或森保系统工程管理阶段,即采取多种方法对危害多种植物的多种有害生物进行更高阶段的综合治理。纵观有害生物防治的发展过程可以看出,人们在与有害生物长期作斗争的发展过程中,一方面根据有害生物防治实践的经验总结,对有害生物的防治逐步建立和发展了“综合”的概念和内容。这就是说,在实践上,我们不仅要在防治对象上是综合的,而且在防治目的和防治方法上也是综合的,同时在基础理论上也要从原来的以一般生物学为基础进一步提高到以生态学、经济学和社会学为基础的多学科的水平上。但另一方面又从有害生物的综合防治实践中深刻的吸取了反面教训,这就是对付有害生物决不能孤立地只从一个方面进行病虫害的防治工作,这样做常常会导致顾此失彼,得不到全面的效应,例如抗主要病虫的品种的大面积推广会使某些次要病虫上升;栽培制度的改进有时会引起新的病虫问题;化学药剂的大量连续使用造成了环境的严重污染和产品的残毒;某些内吸药剂的不断使用导致有害生物抗药性的增加,而广谱性长效药剂的

过度使用则往往误伤大量天敌；推广防治某种有害生物的有效措施，却促进了其它有害生物的上升等等。分析上述这些情况的产生这是由于人们在应用这些综合防治技术时，往往只考虑到防治措施对有害生物的作用，而忽视了有害生物的变异适应潜能和反作用；或者只热衷于预期的防治效果，而无视其它方面的不良副效应；或者只偏重于当前的短期效应而忽视了长期的累积效应。由此提醒人们对有害生物的防治需要注意这样一个问题，就是当对一个生态系统采用一种或多种防治措施以后，必然会影响到整个生态系统组成结构的改变，而生态系统结构的改变，又势必会引起生态系统功能的变化，因此在具体制定综合防治方案时必须确定这一防治对策是否就是最优的方法？是否其中还有哪些措施需要改进？以及如何改进？并且如何用科学的定量方法将它表达出来？为此，这就要求我们从生态系统的整体出发，全局考虑人为措施条件下整个生态系统的改变和演化。在经济生态学和社会自然生态学原则的指导下，将生态系统内外一切可以利用的因素转化为可利用的方面，为系统的总功能服务。如果仍沿用上述这种只见树木不见森林的或把有害生物的防治仅归结于一因一果的机械思维方法，这不仅违反了生态系统的管理对策，而且也必然会破坏系统完整的优化结构，并进一步影响到系统整体功能的改变，从而给生态环境与系统生产力带来不利的影响。因此如何根据生态系统的特点来研究适合于该系统的一系列完整的有害生物的管理对策，这就需要应用系统工程的原则和方法来科学地管理有害生物，从而就产生了森保系统工程这一领域。

## 二、现代森保科学的发展趋势

森保科学原来就是一门以多学科性的自然科学为基础的，它与森林植物、森林病害、森林昆虫、农药、育种、土壤和气象等都有着密切的关系。60年代以后，由于各学科之间的交叉，使现代森

保科学更加多样性和综合性,这是一个很重要的发展趋势。

长期以来,在我国高等林业院校的森保教育中,曾分别开设过森林昆虫学、森林病理学、微生物学、森林化学保护、森林昆虫生态学和昆虫分类学等很多课程。而这些课程只能在一定程度上为学生提供各单个学科的理论基础,由于在教学内容上缺乏学科之间的横向联系,因此所培养的人材缺乏解决问题的综合能力,在研究和解决许多有害生物的综合治理中,受到了各单个学科思想的束缚和某些技术条件的限制,自觉或不自觉地放弃了系统思想,不能从森林生态系统出发,形成了“头疼医头,脚疼医脚”的现象,仍然走那种孤立研究的老路,就有害生物论有害生物或就防治论防治,以致不能适应现代森保科学发展的需要,这是森保教学中亟待改革和解决的一个重要问题。

随着现代科学的三大理论支柱——控制论、信息论和系统论的渗透以及电子计算机技术的广泛应用,已为系统科学在森保领域的研究提供了坚实的科学基础。从应用方面来看,现代的森保科学需要在各单个学科的基础上建立和发展一个综合性的森保科学体系。这个体系按其研究的性质不同,可分为基础性研究、技术性研究和管理性研究三大部分。基础性研究是以森林昆虫学、森林病理学、森林动物学、病虫害防治学和抗病虫育种等单个学科为基础;技术性研究可分为硬技术研究和软技术研究,前者主要包括植物检疫、营林措施、生物防治、化学防治和物理防治等,后者主要包括有害生物的监测、预测、经济阈值、防治技术协调和效益评估等;管理性的研究就是以森林生态系统为研究对象,应用系统工程的原则和方法所进行的系统管理。主要包括森保工作的系统管理、森保技术的系统管理和有害生物的系统管理。森保工作的系统管理既包括横向分工的有害生物的预测预报、检疫、防治和药械等多方面的工作管理,又包括纵向分级的国家、省市、县乡的森保工作的管理;森保技术的系统管理主要包括防治和检疫两个方面的内



容;有害生物的系统管理就是通过系统分析的方法和可应用的多种防治技术的协调组装来达到实现有害生物综合治理的目的。从现代森保科学体系的结构和功能来看,可将森保科学分为森保硬科学和森保软科学两个部分。森保硬科学相当于计算机系统硬件部分(即计算机系统实际装置),它是森保软科学的实体基础,主要包括基础性研究和技术性研究两个部分;森保软科学相当于计算机系统软体部分(即计算机系统中使用的程序),它有助于提高森保技术应用水平,以充分发挥森保硬科学的潜力。这里所说的森保硬科学和森保软科学是相对而言,两者相辅相成,互为促进,共同组成了森保系统工程。