

海南橡胶产业生态

HAINAN XIANGJIAO CHANYE SHENGTAI



■ 蒋菊生 王如松 著



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

23
05

图书在版编目 (CIP) 数据

海南橡胶产业生态/蒋菊生, 王如松著. —北京:
中国科学技术出版社, 2004. 5

. ISBN 7-5046-3788-2

I. 海... II. ①蒋... ②王... III. 橡胶工业 -
概况 - 海南省 IV. F426.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 037188 号

责任编辑 孙卫华

责任印制 李春利

责任校对 林 华

封面设计 泰美出版物视觉策划中心

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103168 传真: 010-62175982

科学普及出版社发行部发行

北京迪鑫印刷厂印刷

*

开本: 787 毫米 × 960 毫米 1/16 印张: 16 字数: 265 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—1000 册 定价: 28.00 元

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

序

橡胶树引种到中国已有近 100 年的历史了。但是直到 20 世纪 50 年代, 由于帝国主义对刚刚成立的中华人民共和国进行全面的封锁禁运, 当时再加上朝鲜战争爆发, 国民经济发展急需橡胶, 国防事业更需要橡胶, 中央政府果断决定在海南和华南地区建立自己的橡胶生产基地, 从此拉开了大规模种植的序幕。1952 年我在北京大学生物系植物专业就读, 当时与全国各大学抽调的生物系、农林系专业的学生大军参加了遍及海南岛和雷州半岛的橡胶宜林地调查的活动, 历时半年, 这是我第一次真正意义上的野外实习和锻炼, 是为我国发展橡胶事业做贡献的一次活动, 对我一生都有重要的启蒙和激励。经过广大农垦职工和许多农林科学家、科技工作者的艰苦卓绝的努力, 终于在被国外橡胶权威认定为“植胶禁区”的我国北纬 $18^{\circ} \sim 24^{\circ}$ 的广大地区大面积种植成功。通过五十多年的发展, 我国的橡胶树种植面积已达到 63 万 hm^2 , 总产量达到 52 万 t, 分别列世界第四位和第五位, 部分缓解了国内对天然橡胶的需求, 为我国国民经济发展与国防建设做出了不可磨灭的历史性贡献。

但是, 橡胶林毕竟是在取代了自然植被(热带雨林、热带灌丛草地)后建立起来的人工经济林, 仅海南每年都要从岛内向岛外输出几乎所有的橡胶产品和大约 70% 的更新下来的橡胶木材, 从而使得岛内大量的养分不能回到海南参与区域的物质循环。因此, 作为中央农垦部门的橡胶种植与加工业虽然在海南岛成为重要的经济组成, 并为国家做出重大贡献, 但对海南岛自身来讲, 无论从经济和生态意义上讲, 对地方的可持续发展也带来了一生负面影响。改革开放, 特别是海南建省办经济特区以来, 伴随着中国加入 WTO 的步伐, 对海南的天然橡胶产业形成了更大的生态的、经济的、社会的压力, 前些年产业内部经济效益连年滑坡, 橡胶企业陷入困境, 职工生活困难, 产业难以为继, 原有的生产方式和生态系统工程体系已难以适应新的挑战。针对转型时期海南橡胶产业所出现的问题, 本书

作者以复合生态系统的原理,利用生态系统工程的技术与方法,从产业系统的流通体制和管理角度出发,研究和提出转型时期海南橡胶产业可持续发展的新的对策。

转型时期的农业产业和生态系统工程是当前国内外生态学研究的前沿领域,而生态系统工程又是这一领域在转型时期的研究热点问题。在过去的20多年来,随着中国社会经济的迅猛发展,特别是20世纪90年代以来,海南橡胶产业的经济体制、社会结构、自然面貌及人际关系都发生了深刻的变化。面对农业现代化、农村城镇化、农民知识化浪潮的强烈冲击,面对沉重的企业债务、有限的资源储备和脆弱的热带生态环境,面对加入WTO后海南橡胶产业面临的严峻考验。海南橡胶产业必须实现由传统农业向生态产业的跨越,这是转型时期海南橡胶产业可持续发展和参与国内外竞争的必然趋势。

本书作者正是基于对当今农业在转型时期的各种问题及其各种关系的认识,以海南天然橡胶产业为例,提出了可持续发展的生态系统工程这一重要论题。用复合生态系统理论和产业组织理论构建海南天然橡胶产业可持续发展的生态系统工程框架;探讨天然橡胶产业生态服务功能评价方法,并应用它来分析和诊断转型时期海南天然橡胶产业所面临的现实问题与解决途径;运用生态工程的技术、方法,复合生态系统的理论构建海南橡胶产业可持续发展的生态系统工程的目标模式;结合理论与方法的探讨,寻求天然橡胶产业的生态系统工程的调控技术与方法,为提高我国天然橡胶产业在国内外市场上的竞争能力提供政府决策参考。并强调:理论、方法与实践应用的结合;多学科、多方法与问题的多途径的解决的结合;社会科学与自然科学的结合;宏观与微观的结合。

我曾有机会多次接触对海南的橡胶产业经济、生态方面的评估,如20世纪80年代初我在国家农委、国家科委和中国科协组织的“海南岛大农业建设与生态平衡科学考察”的秘书长、后来任农业部生态农业专家委员会委员以及最近组织中国科学院院士咨询项目“海南热带陆海生物资源保护与利用”的研究,都对海南橡胶产业有所评估,但像作者这样从产业生态学、产业经济学和复合生态系统工程学的理论上全面总结海南橡胶产业则是第一次。只有从上述的视角,对产业的结构、功能过程以及整体性进行全方面剖析,才能接触到产业可持续发展的实质问题上去,才能像作者这样提出中肯的、切中要害的分析和建议。

全书共分为三篇,第一篇为中国和海南的天然橡胶之路,第二篇为产

业生态工程理论，第三篇为海南天然橡胶产业生态工程。作者首次对天然橡胶产业生态作了全面的、客观的、科学的论述，在产业生态系统工程领域有一定的创新。对指导我国天然橡胶产业发展有比较重要的参考价值。

作者蒋菊生是我见到的具有刻苦、勤奋、勇于探索和富有见解等高素质的优秀青年科学家中的一位，作为拥有在哪里都有发展前途的才华的人，他把一生中最宝贵的时期献身于热带“宝岛”发展工业的精神值得我们学习。在他的著作问世之际，我欣而提笔为序。

蒋有绪

2003年7月7日

前 言

生态系统工程是一门近十几年才发展起来的以复合生态系统理论为基础的前沿科学，而且发展十分迅速。其总的发展趋势是：应用范围更广。从过去的农业、林业领域向工业、环保、旅游等各种产业延伸；研究内容更全面。从过去的单纯的自然生态系统研究，向社会系统、经济系统、科学文化系统复合；研究方法更加科学。从过去的单纯的整体论，或者还原论，从单纯的微观，或者宏观向整体论与还原论相结合，微观与宏观相结合；目标更加明确，从简单的经济繁荣走向富裕（经济和生态资产的增长与积累）、健康（人的身心健康及生态系统服务功能与代谢过程的健康）、文明（物质、精神和生态文明）的复合生态繁荣。

海南是我国天然橡胶生产的主要基地，其面积和产量均占全国的59%，分别达到了36.98万 hm^2 和28.09万t。天然橡胶是一个国家的国民经济与国防建设的重要战备物资与工业原料，是海南绝大多数市、县财政收入的主要来源，是边疆地区农民脱贫致富的可靠手段，具有强大的社会服务功能。橡胶产业是海南的支柱产业。

海南的橡胶林是在20世纪50年代后大规模建立起来的人工经济林，取代了原有的自然植被热带雨林、热带灌丛草地。虽然，每年都要从岛内向岛外输出几乎所有的橡胶和大约70%的更新橡胶木材，为国家的国防事业与国民经济发展做出了巨大贡献，但同时也使得海南出现了一些生态问题。针对转型时期橡胶产业所出现的问题。从橡胶产业的自然、经济、社会服务功能的研究与分析入手，我们创建了海南橡胶产业可持续发展的生态系统工程设计的原理、方法。

本书以复合生态系统理论为指导，研究了胶树-胶园-胶业-社区建设-国家战略-全球影响，以及海南橡胶产业可持续发展生态系统工程设计的原则、原理；建立了在企业层次以功能导向、自我调节，在产业层次以横向耦合、纵向闭合，在区域层次进行区域耦合与社会复合及其软件、

硬件、心件相结合的生态系统工程设计体系。并提出针对生态元与生态元、生态元与生态位、生态元与生态库以及生态元与上层生态系统之间的关系,分别利用相生、相克的竞争、共生、自生技术和开拓、抑制、改革的相关技术进行生态工程调控的方法。还将生态系统工程设计建筑在生态服务功能评价的基础之上,进行了生态流通量分析、生态位势分析、生态滞留与生态耗竭分析,认识到能量投入中 90% 以上是在靠辅助能,资金投入中 50% 以上在管理、还原、消费环节流通,以及养分元素在胶园环节的不同程度耗竭和在胶厂环节的大量滞留等关键问题。

本书为农业部多项有关橡胶产业生态重点课题成果,经过我们多年的研究,对海南橡胶产业的发展得出以下结论。

1. 海南橡胶产业的自然生态服务功能呈现衰退

经综合分析评价后得出海南橡胶林虽然具有强大的生态服务功能,每年总价值量在 50 亿元以上,但是海南橡胶林在大面积取代自然植被以后,生态功能发生了巨大的变化,某些生态功能正在减弱。

(1) 橡胶林生态系统养分元素的“赤字”,加速了海南岛内养分元素的“耗竭”,在未考虑土壤淋溶和土壤养分自然释放的情况下,橡胶林生态系统内的 N、K、Mg 元素每年每公顷的赤字分别为 13.07 kg, 24.41 kg, 4.07 kg;按全岛 369 800 hm² 橡胶林计算每年将分别造成 4 835.9 t, 9 031.7 t, 1 505.9 t 的亏损。近 50 年橡胶和木材两项输出岛外所流失的 (N)、(P)、(K)、(Mg) 总量分别为 60 994 t, 13 810 t, 47 821 t, 13 016 t。因此海南岛橡胶林的土壤肥力在过去的 50 年中呈快速下降趋势,其相对下降速率速效 K > 有机质 > 速效 P > 全 K 与速效 N > 全 N > 全 P。在考虑枯枝落叶完全归还,不继续向橡胶林土壤施肥的情况下,海南橡胶林各主要养分元素的消耗期是十分悬殊的,其顺序依次为 P > N > K > Mg。

(2) 橡胶林取代热带自然植被后加速了海南岛生物多样性的减少。随着橡胶林年龄的增大,生物多样性指数呈上升趋势,说明物种愈加丰富,个体数量逐渐增多。不同群落类型的生物多样性具有明显的差异。近 50 年的调查资料显示,海南岛单位面积平均物种数呈快速下降的趋势,主要原因是人工植被面积的快速增加,人为活动的强度与频度越来越高。

(3) 橡胶林取代热带自然植被后对海南区域气候产生了一定的影响。在过去的 50 年中,海南橡胶林已累计固定大气中的 CO₂ 约 58 702 502 t,这对于缓解海南区域及全球温室效应做出了巨大的贡献,但是我们认为橡胶林以及其他森林对大气 CO₂ 的固定来缓解区域及全球温室效应的作用是

有限的,也许在森林发展的初期(如橡胶林大约就是50年)其贡献是显著的,但是过了这一时期以后,森林(包括橡胶林)对 CO_2 的固定与释放基本保持平衡。从20世纪50年代海南岛大规模种植橡胶树的50年间,全岛平均气温上升了 0.2°C ,年平均降雨量减少 179.6 mm ,年平均日照时数减少了 186.4 h ,年平均风速降低了 0.7 m/s ,年极端最高气温降低了 1.2°C ,年极端最低气温上升了 0.9°C 。这些变化可能与大面积改变地表植被有关,也有可能与全球大气环流所引起的区域气候的变化有关。

2. 海南橡胶产业的社会服务功能不容乐观

目前存在的主要问题有:①橡胶产业的社会生产功能开始呈现萎缩态势,主要是产业内部没有增加新的就业途径,人员失业和劳动力流失是其主要现象;②社会消费功能不强,其重要原因就是产业内部职工增收困难;③社会流通速率在加快,流量在加大,直接结果导致职工队伍不稳定,科技人员流失,产业的科技水平下降;④产业体制问题,是长期以来影响产业社会调控功能正常发挥的主要障碍;⑤产业的社会还原功能在一定程度上保证了产业的正常发展,但是由于我国的体制问题等原因而没有使社会还原功能发挥出应有的功效,反而使企业背上了沉重的社会负担。

3. 海南橡胶产业的经济服务功能板结

主要体现在:①在产业经济功能中产量增长乏力,这里除了自然因素以外,可能的人为因素主要有种植品种老化、技术措施不到位、种植布局不合理等;橡胶产业所具有的独特的情感激励效益正在衰退。②流通体制产、供、销是脱节的,既增加了交易流通成本,又容易孳生腐败,对市场反应是迟钝的、被动的。③海南橡胶由于成本高,很难同国外橡胶竞争,导致近几年企业资金负债率连年上升,企业陷入困境,职工生活困难,产业发展难以持续。④废弃物循环再生利用工作,目前还没有坚持寓环保于生产与消费之中,寓废物利用于生产之中,造成了一定的环境污染和不必要的经济浪费。

4. 海南橡胶产业可持续发展的生态系统工程设计

其基本方法就是在企业层次上实行功能导向、自我调节;在产业层次上进行横向耦合、纵向闭合;在区域层次上实行区域耦合、社会复合;采用软件、硬件、心件结合构建海南橡胶产业发展的支撑体系。

5. 构建了橡胶树产量生态模型

通过研究橡胶树产量形成的各种生态关系,构建了橡胶树产量生态模型。其中最为重要的产量对策就是:①如何提高橡胶树的光能利用率;

②选用净同化率高、分配率适宜、乳管堵塞指数低的橡胶优良品种；③高产高效的胶园管理措施。

6. 构建了海南橡胶种植生态工程并分析了各项工程措施的效益

从植胶环境选择、开垦方式、橡胶良种匹配到胶园管理与调控，构建了海南橡胶种植生态工程。①经过选择的良种比未选实生树或初生代无性系产量高 795.0 kg/hm^2 ；②利用时间生态位、空间生态位、营养生态位，在胶园进行种群匹配种植覆盖作物，可增加单位面积的生物总量；可提高胶园土地利用率 $30\% \sim 50\%$ ，最高的可达 75% ；可提高胶园土壤肥力；可调节胶园温、湿度；能明显减少水土流失。修筑梯田等水土保持工程使地表的土壤冲刷明显减少，土壤含水量均高于对照， $0 \sim 20 \text{ cm}$ 土层中的含水量提高 $4\% \sim 5\%$ ， $20 \sim 40 \text{ cm}$ 土层提高 $2\% \sim 4.5\%$ ；③胶园防风林具有极其显著的效果：可有效改善胶园小气候，林网地区的相对湿度比空旷地高 20% ；早热风季节相对湿度可提高 $16\% \sim 25\%$ ，绝对湿度可提高 5.5% ，小林段的蒸发量比无林带地区降低 $21\% \sim 46\%$ ；可涵养水源、保持水土；可促进胶树速生高产，同龄胶树在不同高度林带的防护下，胶树增长速度不同；④可持续胶园管理十分重要。橡胶树进行营养诊断配方施肥有显著的增产效果，可净增产干胶 105.0 kg/hm^2 (13.6%)，平均净增产 10.8% 。

7. 构建了海南橡胶产业加工生态工程模式

根据现状与发展趋势，我们设计了海南橡胶加工的生态工程流程，设计了新的工程措施：胶乳资源综合利用、天然橡胶初加工废水、废气的资源综合利用与治理。按照新的生态工程模式实施，会产生显著的经济效益，可年增经济效益 7200 万元，同时可产生良好的社会效益和生态效益。

8. 研究并分析了海南橡胶产业不同产业环节的生态流量

结果表明，能量的投入绝大部分在种植生产的胶园环节，太阳能仅占总投入能源的 10.1% ，其余约 90% 为辅助能，投入的辅助能为太阳能的 9 倍，说明海南橡胶产业是集约程度很高的劳动密集型产业。每生产 1 t 胶的水的流通总量为 12355.4 t ，其中胶园环节的橡胶树蒸发蒸腾与胶乳合成占 99.8% 。N 的流通总量为 130.2 kg/t ，其中胶园占 51.4% ，胶厂占 7% ，还原占 41.6% ，在胶厂环节的 N 将流通到岛外，可见在橡胶产业中 N 是亏缺的。P 的流通总量为 27.1 kg/t ，其中胶园占 44.3% ，胶厂占 10.3% ，还原占 45.4% ，还原与胶园之间能基本保持平衡。K 的流通总

量为86.8 kg/t, 其中胶园占 58.6%, 胶厂占 9.9%, 还原占 31.5%, 可见从流通角度来看 K 将会严重亏缺。1996~2001 年每吨胶的资金平均流通总量为9 898 元/t, 其中消费、还原、管理占资金流通总量的 50.2%, 比例过高的原因主要有①体制问题遗留下来的; ②管理队伍庞大; ③社会保障不健全; ④会计核算不规范。可见海南的橡胶产业只要进行体制改革、解决遗留问题、精简管理队伍、规范财务制度, 将会使吨胶的资金流通量大大降低, 产业竞争力会得到明显提高。

9. 构建了海南橡胶产业的物流工程模式

加入世界贸易组织以后, 橡胶流通的发展趋势构建了海南橡胶流通模式, 新的模式突出了三个特点: ①改变了原来胶乳不能在市场流通的弊端; ②突出了橡胶加工厂龙头企业的地位, 全方位面对市场; ③体现了流通方式的多样性、灵活性以及流通过程的连续性。充分体现了物流畅通的优点。同时建议今后在橡胶定价体系中考虑生产资产的占用程度。

10. 海南生态系统工程过程调控的基本原理和方法

其基本原理就是在不同时间、空间尺度上通过对生态结构和生态关系的调控, 来保证生态系统功能的持续性、健康性和稳定性, 使自然和人类双双受益。生态关系包括生态元与生态元之间的关系、生态元与生态位之间的关系、生态元与生态库之间的关系以及生态元与上层生态系统之间的关系。不同的生态关系采取不同的调控策略与方法。在本研究中我们将其基本方法分为自然调控和人工调控, 人工调控就是如何发挥自然调控的“利”与如何抑制自然调控的“害”。

11. 海南橡胶产业生态系统工程的单元结构调控策略

包括①趋利避害、开拓适应进行橡胶产业的种植空间结构调整; ②海南橡胶产业的种植时间结构调整策略; ③海南橡胶产业的种植品种结构调整策略; ④海南橡胶产业的加工布局结构调整策略; ⑤海南橡胶产业的加工产品结构调整策略。

在海南橡胶产业生态系统工程的功能调控策略中我们仅对海南橡胶产业生态系统的部分自然生态服务功能的调控策略进行了研究: ①橡胶林生理生态调控策略。研究的结果是, 在生态系统的环境条件和管理水平完全一致的情况下, 采用新割制后其胶园生态系统的生理过程、物流过程发生了明显变化, 新割制胶园生态系统的物质循环速度显著加快。说明在采用新的割胶制度以后, 在增加产量、减少胶工、提高经济效益的同时, 也加快了胶园生态系统的养分耗竭。这就迫使我们不得不对原有的功能调控措

施进行反思,寻求新的调控策略。一是改进目前所施肥料的配方和施肥方式;二是增施有机肥,提高土壤有机质含量。②橡胶林生物调控策略。我们提出以下几点想法:加强对有市场前景的胶园间作物的生态适应性试验的研究,为胶园间作提供可靠的理论与应用基础;进行胶园间作的社会服务功能与经济服务功能的研究,以引起橡胶产业与橡胶主管部门的重视;积极开展其他领域的生物调控措施的研究,开拓新的调控渠道,如橡胶树根际生态、根际微生物的研究等。海南橡胶产业生态系统工程的体制调控策略,我们建议分两个阶段进行。

12. 对实施生态工程后海南橡胶产业的生态位势进行了分析与对竞争力进行了预测

海南橡胶产业通过实施生态工程,在进行产业横向联合、纵向闭合、区域耦合的生态工程整合以及硬件、软件和心件相结合以后,产业的生态位势将发生巨大的变化。无论与进口胶还是与合成胶相比,海南橡胶的竞争潜力增大;在各个层次的自生潜力、共生潜力将明显提高。成本预测结果表明,到2005年、2010年、2015年,海南橡胶的综合成本可以分别降低到7 377元/t,6 142元/t,5 209元/t。这说明海南橡胶产业通过改革和实施生态工程以后国际竞争力会迅速提高,竞争空间也逐渐扩大。

13. 研究和分析了海南橡胶产业在不同产业层次上的生态滞留与生态耗竭指数

在胶园生态系统中全N、速效N、速效P、全K、速效K、有机质都出现不同程度的耗竭,唯独只有全P出现生态滞留;在橡胶加工厂,大量的养分元素滞留在加工废水中,造成严重的环境污染;在海南区域层面上,同胶园一样,全P在区域系统中也是滞留的,但是相对胶园来说其数值要少得多,仅有0.1%,而全N、全K、全Mg则依然表现出不同程度的耗竭。

14. 海南产业生态管理模式

转型时期的海南橡胶产业(复合生态系统)的生态管理,其一,就是建立和完善产业生态管理的组织机构;其次,就是建立和健全环境目标预警机制与技术体系;其三,建立生态环境审计制度包括司法审计、组织审计、技术审计。

15. 人的行为方式

研究指出人的行为方式,无论是其社会行为、个人行为还是心理行

为，都将影响到对资源的利用方式，对经济发展的模式，对社会发展的态度等复合生态系统的各个方面。我们还描述了橡胶林生态系统中生物多样性与人的行为方式的关系，通过在社会行为、个人行为、心理行为三个层次的分析 and 比较，发现无论在传统橡胶产业还是可持续发展橡胶产业上的行为表现均有较大的差异。

海南橡胶产业（我国橡胶产业）生态系统是一个十分典型的复合生态系统，正像我们研究所得出的结论一样，目前既有自然生态功能的衰退问题，也有社会生态服务功能、经济生态服务功能的紊乱与板结问题；既有生态系统工程中的硬件问题，也有其软件问题、心件问题。在本研究中，由于时间与资料的限制，我们仅从橡胶产业的服务功能角度来探讨产业生态系统工程问题，不可避免地存在某些缺陷和不足，如橡胶产业的生态资产问题，应该说这是生态系统工程设计的重要依据之一，但是我们因时间问题未进行研究。又如生物多样性的价值量估计问题，我们也没有进行深入探讨。我们认为，比较准确的生态系统工程设计，需要比较详细的服务功能与资产的分析评价资料，这些应该是今后需要补充与完善的研究工作。其次，本研究所进行的橡胶产业生态系统工程设计，仅仅停留在理念与定性上面，还没有设计出定量的参数，对具体指导海南橡胶产业的发展仅能起到导向性的作用，实际应用还需要做许多试验观测，如橡胶加工工程等，这也是以后需要深入研究的。

目 录

第一篇 中国和海南的天然橡胶之路	(1)
一、世界天然橡胶发展简史	(1)
二、中国天然橡胶辉煌的五十年	(6)
(一)中国天然橡胶产业发展的四个阶段	(6)
(二)中国天然橡胶科研队伍的建设与成就	(14)
三、21 世纪初,中国天然橡胶生产、消费、贸易及预测	(16)
四、海南天然橡胶在国内外天然橡胶产业中的地位	(24)
(一)海南的自然气候特点	(25)
(二)海南天然橡胶产业在海南岛内的地位	(30)
(三)海南天然橡胶产业在国内的地位	(32)
(四)海南天然橡胶产业对国际橡胶产业发展的影响	(33)
五、海南天然橡胶产业生态与可持续发展	(34)
第二篇 产业生态工程理论	(36)
一、复合生态系统理论	(36)
(一)复合生态系统动力学机制	(38)
(二)复合生态系统控制论原理	(40)
(三)复合生态系统的生态关系模型	(42)
(四)复合生态系统理论的应用与实践	(44)
二、产业生态学理论	(44)
(一)产业生态学的发展	(44)
(二)生态产业与传统产业的界定	(45)
(三)生态产业的特点及应用	(47)
三、产业经济学理论	(53)
(一)产业结构理论与实践进展	(54)

(二) 产业组织理论与实践进展	(56)
(三) 产业增长方式与产业过程调控研究进展	(59)
四、生态系统工程学理论	(61)
(一) 生态工程的基本原理	(61)
(二) 生态工程的应用进展	(63)
五、生态服务功能与生态资产评估理论	(67)
(一) 生态服务功能	(67)
(二) 生态资产评估	(69)
六、橡胶种植业生态系统工程理论	(74)
(一) 自然生态环境与橡胶种植生态系统工程	(75)
(二) 种植材料与橡胶种植生态系统工程	(76)
(三) 种植密度与橡胶种植生态系统工程	(76)
(四) 胶园生态系统的种群匹配	(77)
(五) 胶园生态系统的调控工程	(77)
(六) 胶园生态系统的评价与管理工程	(83)
 第三篇 海南橡胶产业生态	(84)
一、海南橡胶产业环境因子分析	(84)
(一) 海南种植橡胶树的利导因子分析	(85)
(二) 海南种植橡胶的限制因子分析	(86)
(三) 海南种植橡胶的发展机遇分析	(88)
(四) 海南种植橡胶所面临的挑战	(92)
二、海南天然橡胶产业复合生态系统服务功能的基础评价	(94)
(一) 海南天然橡胶产业自然生态服务功能评价	(94)
(二) 海南天然橡胶产业社会服务功能评价	(119)
(三) 海南天然橡胶产业经济服务功能评价	(122)
(四) 海南橡胶产业生态系统的服务功能总结	(125)
三、海南橡胶产业可持续发展的生态工程设计原理、方法及 总体框架	(127)
(一) 海南橡胶产业可持续发展的生态系统工程设计原则	(127)
(二) 橡胶产业可持续发展的生态系统工程 设计原理与方法	(130)
(三) 海南橡胶产业可持续发展的生态系统工程	

设计总体框架	(138)
四、海南橡胶产业的种植生态工程	(140)
(一) 橡胶树产量生态基础	(141)
(二) 橡胶园的种植生态工程设计与现状评价	(141)
五、海南橡胶产业的加工生态工程	(155)
(一) 海南橡胶产业加工发展现状与存在的问题	(155)
(二) 国内外天然橡胶加工业发展趋势	(160)
(三) 海南橡胶产业加工生态工程设计	(163)
(四) 橡胶加工废水处理生态工程实例	(164)
(五) 海南橡胶加工生态工程效率估算与分析	(167)
六、海南橡胶产业的流通与还原工程	(168)
(一) 海南橡胶产业的生态流量及其特点分析	(169)
(二) 我国及海南橡胶产品流通营销的现状与特点	(170)
(三) 我国橡胶流通体制存在的主要问题	(171)
(四) 我国及海南橡胶产业流通发展趋势	(174)
(五) 海南橡胶产业物流体系优化模式设计	(175)
(六) 创建海南现代橡胶产业的物流体系的具体措施	(176)
(七) 海南橡胶产业的还原工程	(178)
七、海南橡胶产业的调控	(185)
(一) 海南橡胶产业生态系统工程过程调控原理	(186)
(二) 海南橡胶产业生态系统工程的单元结构调控策略	(187)
(三) 海南橡胶产业生态系统工程的功能调控策略	(192)
(四) 海南橡胶产业生态系统工程的体制调控策略	(199)
(五) 海南橡胶产业生态管理	(205)
(六) 海南橡胶产业可持续发展的行为方式管理	(209)
(七) 海南橡胶产业生态位势分析与竞争力预测	(213)
参考文献	(222)
后 记	(235)

第一篇 中国和海南的天然橡胶之路

橡胶是主要的工业原料之一，在交通、军用工业中尤为重要。由于橡胶具有很强的弹性，良好的绝缘性，坚韧的耐磨性，隔气、隔水的气密性和耐曲折的性能，因此用途极为广阔。据统计，目前世界上的橡胶制品已达7万多种。发达国家橡胶消费量与钢、铁消费量的比例为1~15:100，如一辆载重汽车需要240 kg橡胶，一架喷气式飞机需要600 kg橡胶，一辆坦克需要800 kg橡胶，一艘35万t的军舰需要68 t橡胶，因此，橡胶的使用范围愈来愈广。目前世界上每年的橡胶总需要量约为1500万t，其中天然橡胶每年的需要量为500万t，而1984年世界天然橡胶的总产量仅为424万t，远远满足不了需要。

现在工业上应用的橡胶有两类：一类是由天然植物产生的称天然橡胶，一类是由化学工艺合成的称合成橡胶。1984年世界橡胶总产量1319万t中有2/3为合成橡胶。合成橡胶在特殊专用性能方面如耐化学腐蚀、耐油脂等比天然橡胶强，而天然橡胶的通用性能、抗撕裂性能、在高温条件下的耐腐蚀性等。则比合成橡胶好，当前世界上高速喷气式飞机、载重大卡车以及越野汽车的轮胎，都是天然橡胶制成的。此外，橡胶树的种子含油量很高，可作制造涂料、油漆和肥皂等原料。

天然橡胶是从含胶植物中采割其胶乳加工而成的。世界上约有二千余种产胶植物，由于巴西橡胶树具有产胶量高、品质好、经济寿命长等特点，加上栽培容易、采胶方便、产品耐储存易运输、生产成本低等优点，且目前已占世界天然橡胶总产量的99%以上而成为人工栽培中最重要的橡胶植物，而橡胶产业也成为最重要的战略性产业之一。

世界天然橡胶产业从认识到发展经历了近500年的历史，而中国天然橡胶产业的发展，经历了辉煌的50年。

一、世界天然橡胶发展简史

1493~1496年，哥伦布第二次航海去美洲新大陆，在拉丁美洲的海地，他看到印第安人玩一种弹子棋的游戏。这种弹子棋很奇特，受热变

软，遇冷变硬，而且有一种特殊的气味。这种弹子棋就是天然橡胶制成的。看来，印第安人是最早发现和开发天然橡胶的民族。他们很早就能把橡胶树上流出的白色乳汁收集起来放在火上烘烤，待水分蒸干后做成玩具。

对天然橡胶的报道，还可以追溯到更早的年代。很多学者都曾详细发表过关于橡胶的历史。[库克 (Cook, 1928); 伯其尔 (Burkill, 1915); 休蒂玛 (1940); 蓝兹 (1942, 1945); 梦克伐典 (1944); 邦汉 (1945); 丁斯摩尔 (Dinsmore, 1951)], 他们都对天然橡胶的历史作过研究。

在哥伦布和后来一些西班牙探险家们发现橡胶以后，人们并不清楚天然橡胶是什么东西，直至 1736 年天文学家康达敏 (de la Condmine) 从秘鲁把神秘的弹性物质的一些样本送回法国之前，欧洲并不晓得橡胶这种东西。在康达敏的报告中，对于橡胶树的生长习性，当地土著对天然橡胶的土法采集、加工的过程以及他对橡胶在欧洲贸易中可能的用途所作的估计，都作了详细的叙述，因而引起了欧洲人对橡胶的迫切需求 (康达敏, 1755); 麦克 (Macquer, 1708) 此后不久便派遣远征队到法国殖民地和原西班牙各地去，他们所获得的样本在树脂含量和弹性上有很大的差异，许多年以后，奥伯列特 (Aublet, 1775) 证明实际上有多个三叶橡胶树种，而不是一个树种。

早期的天然橡胶化学性质不稳定，易随浓度变形，而且变粘、有味、易腐败。在 1839 年美国的古德伊尔发明硫化法之前，橡胶工业是没有什么发展的。1839 年，古德伊尔把橡胶铅和硫磺混炼，再进行热处理 (硫化)，制造出一种令人满意的经久耐用的产品，这就是硫化橡胶。在生胶中加硫的硫化法在一夜之间就革新出了橡胶工业，因为当时能生产出不含生胶不良性质的橡胶制品简直就是破天荒。以后进行了一系列的改进。1888 年，邓禄普 (Dunlop) 发明的气胎，对新的橡胶工业也起了极大的推动作用。

在 1900 年以前，世界橡胶的供给差不多全部来自野生树，而巴西是当时主要的产胶中心 (表 1)。巴西的橡胶供应在当时是能够满足世界需要的，但到了 1860 年，要维持生产并不断扩展，却日渐困难了。由于 1895 年发明了汽车，橡胶的需要突增，因此到 1900 年世界橡胶的生产已供不应求，价格因而上涨 (梦克伐典 1944)。

世界天然橡胶树的种植是从巴西橡胶的引种开始的。巴西的野生胶树