

生态系统服务研究 与实践

李文华

中科院地理科学与资源研究所

报告内容

- 概念与内涵
- 研究的意义
- 研究的进展
- 存在的问题
- 在实践中的应用

一、概念与内涵

生态服务功能的概念

- **Costanza, Daily et al. (1997)** 、生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成与维持的人类赖以生存的自然环境条件与功能。
- **de Groot et al. (2002)** 自然过程及其组成部分提供产品和服务从而满足人类直接或间接需要的能力。当生态系统功能被赋予人类价值的内涵便成为生态系统产品和服务。
- **MA (2005)** 生态系统服务功能是指人们从生态系统获取的效益。这一定义中生态系统服务功能的来源既包括自然生态系统，也包括人类改造的生态系统；包含了生态系统为人类提供的直接的和间接的、有形的和无形的效益。

生态系统服务功能 Ecosystem Services

产品提供功能 Provisioning services

食品和纤维
木材
燃料
药品
观赏和环境用植物
遗传基因库
淡水
水能
等

调节功能 Regulating services

空气质量调节
气候调节
水资源调节
侵蚀控制
水质净化
废弃物处理
人类疾病控制
生物控制
授粉
风暴控制
等

文化功能 Cultural services

文化多样性
精神和宗教价值
知识系统
教育价值
灵感
美学价值
社会关系
感知
文化遗产价值
休闲旅游
等

支持功能 Supporting services

初级生产
产氧
土壤形成
氮循环
水循环
生境提供
等

产品提供功能

■ Food

- Crops
- Livestock
- Capture fisheries
- Aquaculture
- Wild foods

■ Fiber

- Timber
- Cotton, hemp, silk
- Wood fuel

■ Fresh water

■ Biochemicals

■ Genetic resources



调节功能

Benefits obtained from regulation of ecosystem processes

- Air quality regulation
- Erosion regulation
- Climate regulation
- Water purification
- Disease regulation
- Pest regulation
- Pollination
- Natural hazard regulation



文化功能

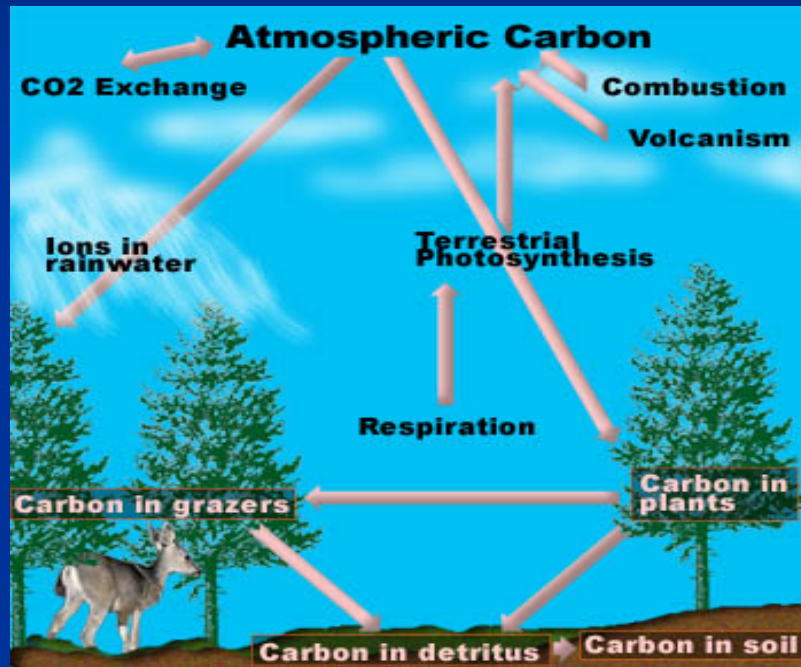
Non-material benefits obtained from ecosystems

- Spiritual and religious values
- Knowledge systems
- Educational values
- Inspiration
- Aesthetic values
- Social relations
- Sense of place
- Recreation and tourism

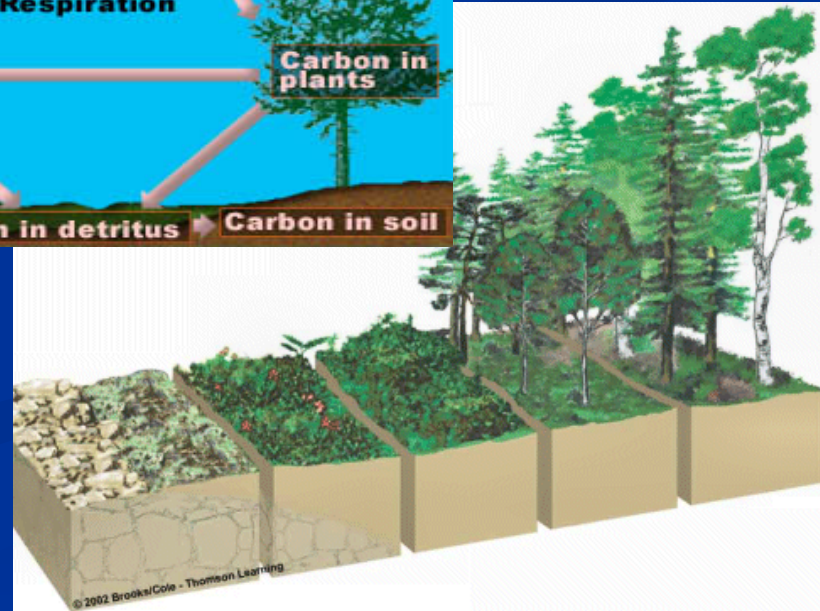


支持功能

The services necessary for the production of the other ecosystem services



- Soil formation
- Nutrient cycling
- Primary production
- Carbon sequestration



生态系统的综合服务功能



Mangrove Services:

- nursery and adult fishery habitat
- fuelwood & timber
- carbon sequestration
- traps sediment
- detoxifies pollutants
- protection from erosion & disaster

sump



Mangrove ecosystem

crops

几个概念

生态系统功能 (Ecosystem function)

生态系统服务 (Ecosystem service)

生态系统评价 (Ecosystem assessment)

自然评价 (Natural assessment,

货币评价 (Monetary evaluation)

生态补偿 (Payment for ecological service)

二、研究的意义

社会的需要

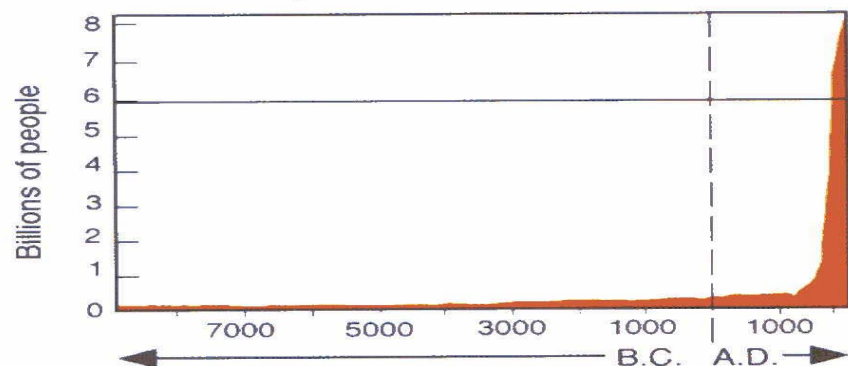
- 1, 人类活动迅速改变地球上的生态系统;
- 2, 人们以牺牲生态服务为代价换来经济繁荣;
- 3, 预计今后50年, 生态系统服务功能退化可能更为严重, PRED 的失调加剧 WEHAB的严峻挑战;
- 5、采取积极政策可以遏制生态退化的趋势, 并满足人类不断增长的需要。

生态系统服务功能的退化

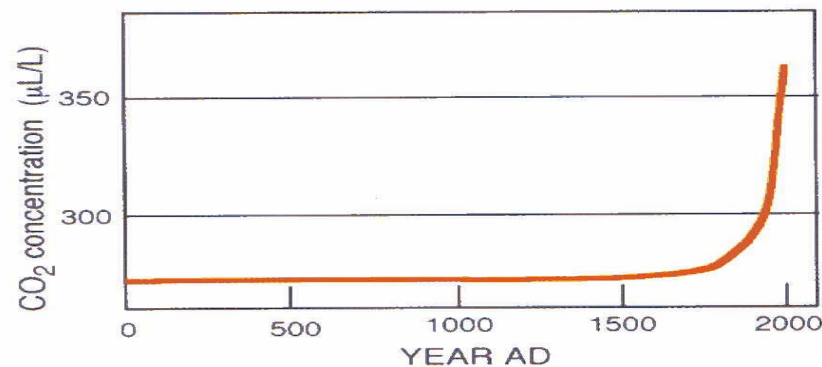
加强	退化	不确定
Crops Livestock Aquaculture Carbon sequestration	Capture fisheries Wild foods Wood fuel Genetic resources Bio—chemicals Fresh water Air quality regulation Regional & local climate regulation Erosion regulation Water purification Pest regulation Pollination Natural hazard regulation Spiritual & religious Aesthetic values	Timber Fiber Water regulation Disease regulation Recreation & ecotourism

60% 生态系统服务功能退化

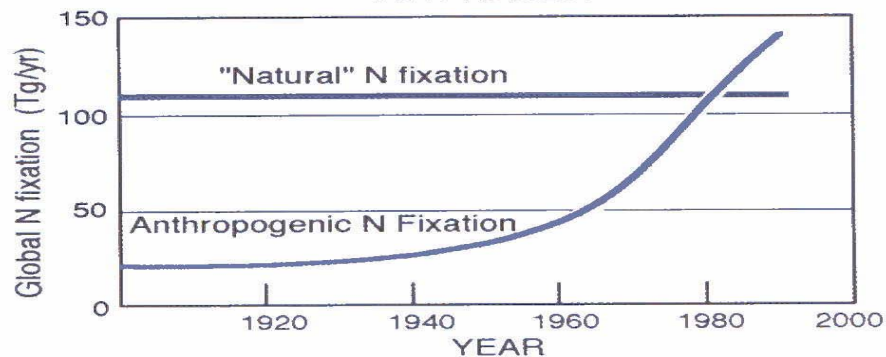
HUMAN POPULATION



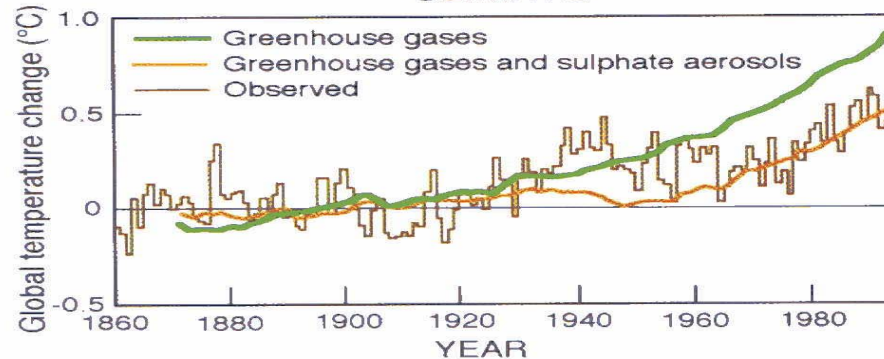
CO₂



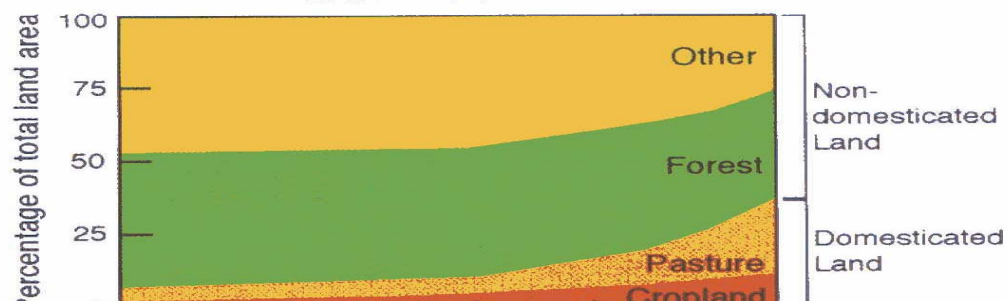
NITROGEN



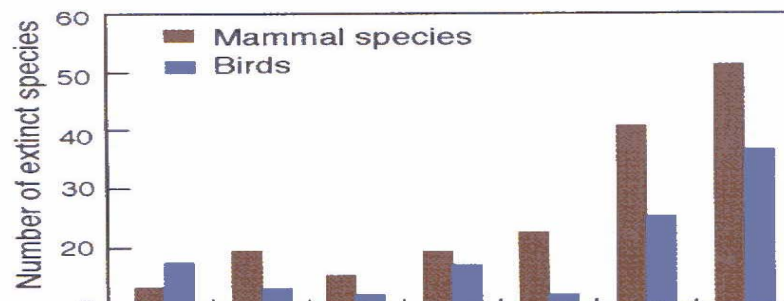
CLIMATE



LAND COVER



SPECIES EXTINCTIONS



预测

- 1990-2100气温增加1.4-5.8℃，大于过去预报
- 21世纪降水有所增加
- 厄尔尼诺有所增加
- 北半球雪盖和海冰面积进一步减少
- 冰川和冰盖进一步退缩, 南极冰盖增加
- 1999-2100年海平面升高0.09-0.88米
- 人类影响将持续千年

需要纠正的几笔错帐

- 资源、环境的代价没有合理扣除
- 生产方式转型的潜在效益估计不足
- 生态建设的经济效益的外部性没有估计
- 生态系统功能的非市场部分缺乏科学估算
- 生态破坏和环境污染的旧债没有还清
- 生态效应的滞后特点
- 经济核算和管理考核制度的误导

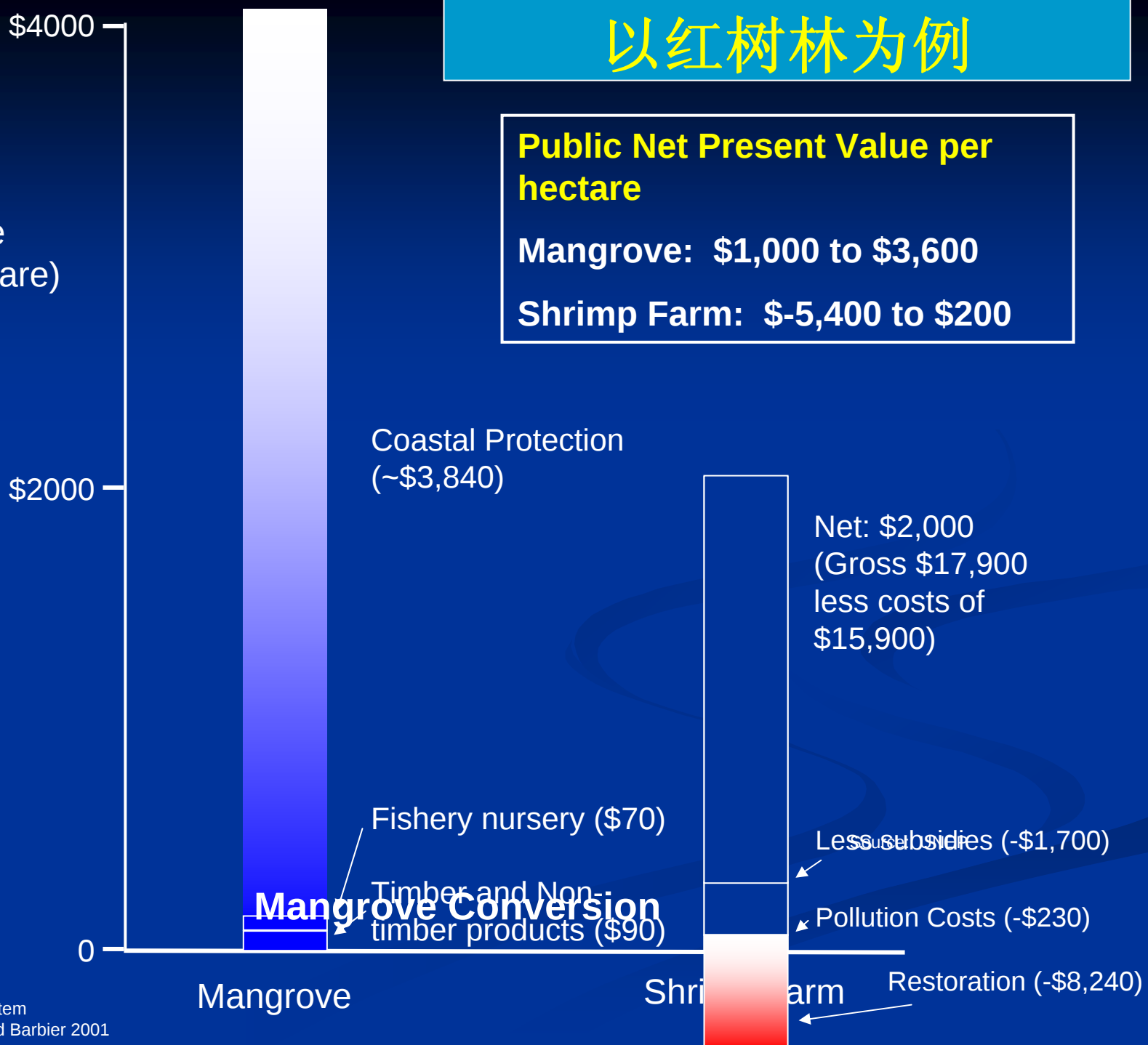
以红树林为例

Public Net Present Value per hectare

Mangrove: \$1,000 to \$3,600

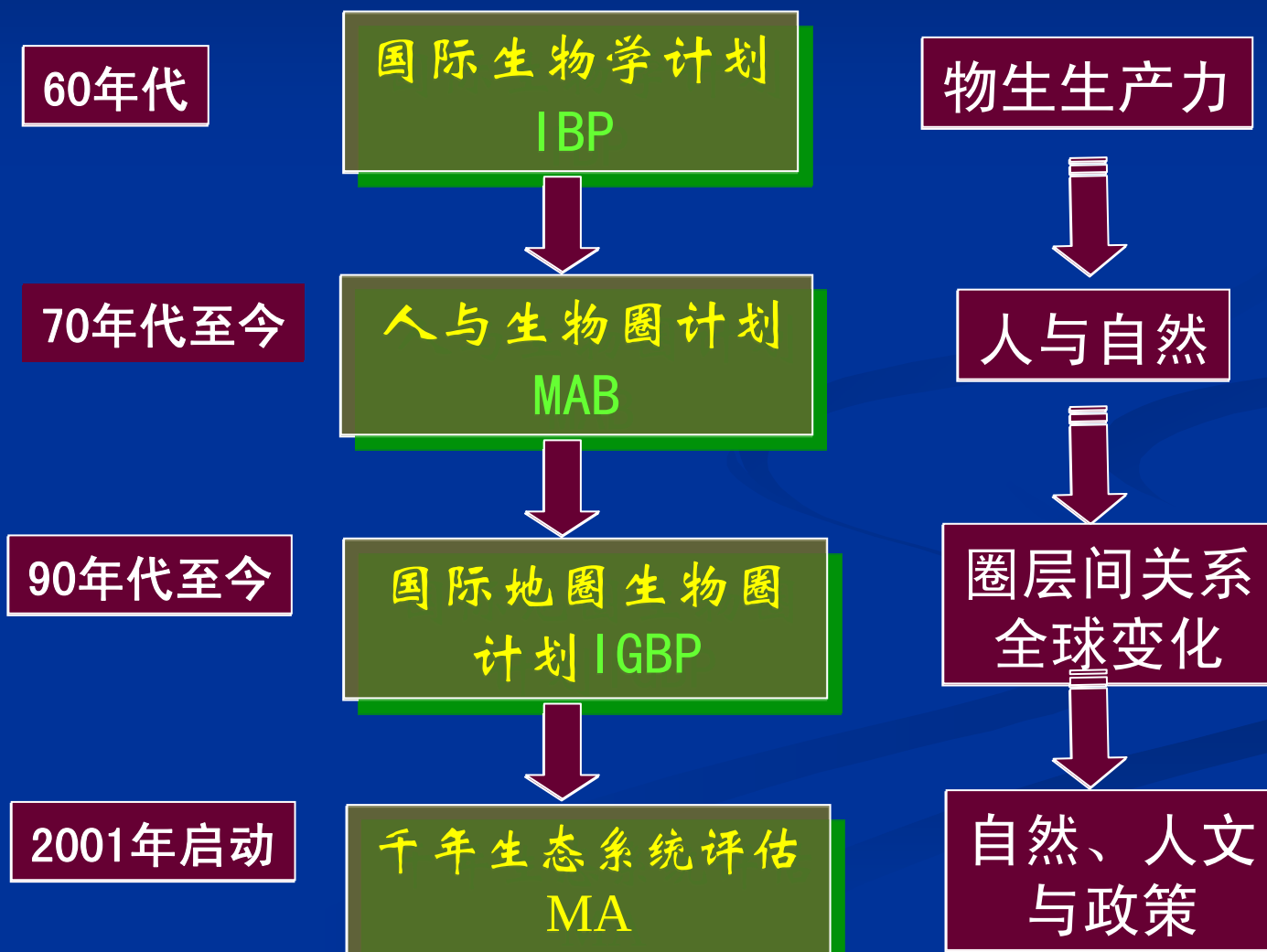
Shrimp Farm: -\$5,400 to \$200

Value
(per hectare)





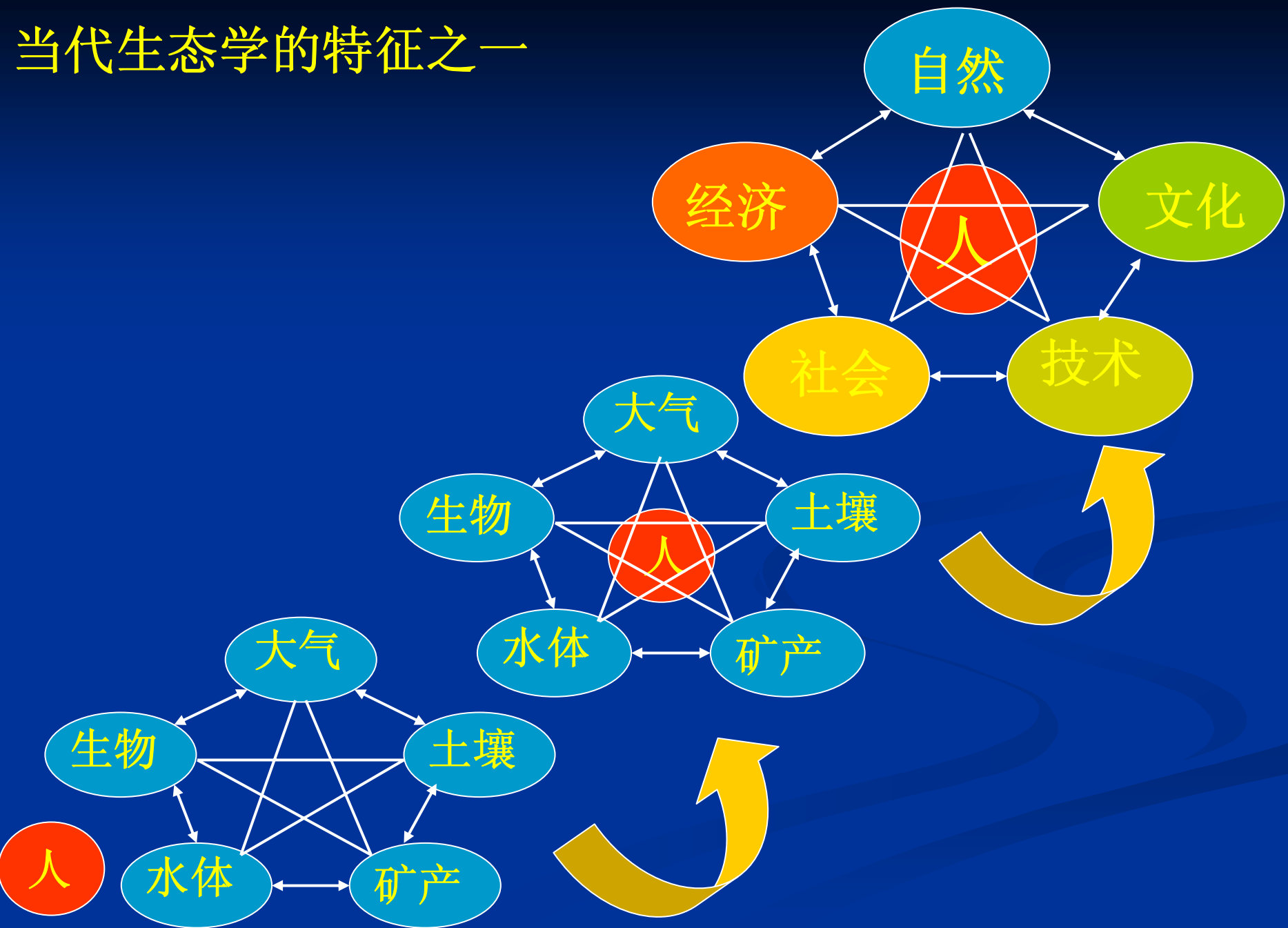
标志生态科学进展的 几项国际研究计划



当代生态学研究的特点

- 研究主体的重新定位
- 研究的尺度的拓宽
- 自然生态系统→人工生态系统发展—复合生态系统
- 学科之间相互融汇与新分支学科不断产生
- 从研究结构—功能—过程—信息—预测
- 方法改进，设备改善
- 从局地、线路、短期——区域、定位、长期研究发展
- 可持续发展科学的积极参与者

当代生态学的特征之一



当代生态学特征之一：NGO+政府行为

- 罗马俱乐部
- WWF
- IUCN
- IBP
- IGBP
- IHDP
- GTOS
- 人与生物圈计划
- 湿地保护公约
- 世界遗产地
- 濒危物种贸易公约
- 生物多样性公约
- 世界气候研究计划
- 全球环境基金
- 森林保护议定书
- 防治荒漠化
- 21世纪议程
- 千年评估（MA）

当代生态学的特征之二：时空尺度扩展



当代生态特点之三：综合与分化





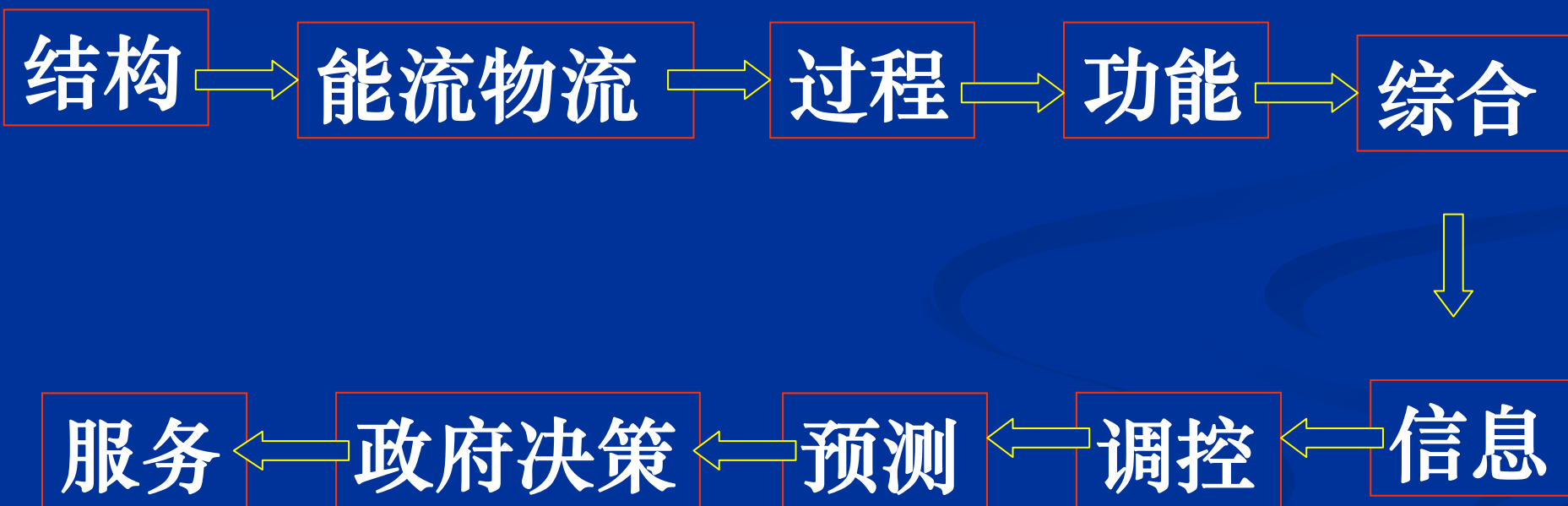
当代生态学特征之四：网络化



中国生态系统网络站分布图



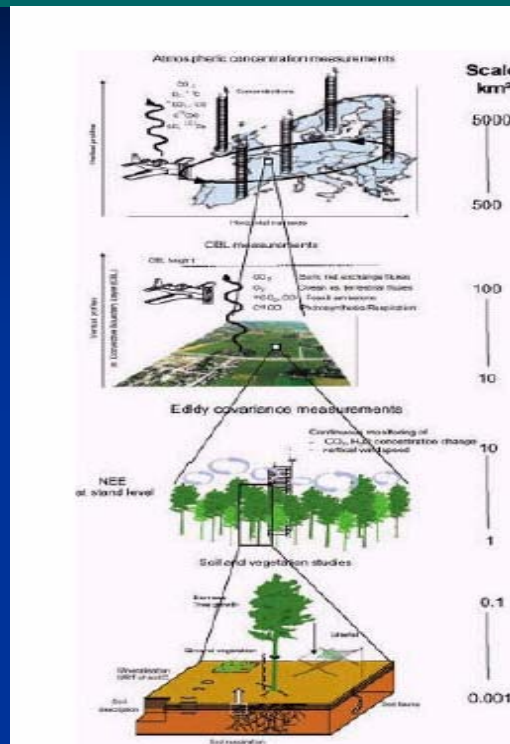
生态学研究到应用的过程



生态学的特点之五：研究方法现代化

- 精密、连续、自动观测与分析
- 模型与模拟技术
- 3S技术（GIS+GPS+RS）
- 生态工程与生态技术
- 信息技术
- 生物工程

当代生态特征之五：手段与方法的改进革



长白山阔叶红松林
(铁塔高62.8米)



可持续发展 – 21世纪生态学的研究重点

- 生态学今后的研究重点应该放在可持续发展上。生态系统管理和高强度的资源开发是未来的发展趋势。生态学家肩负着在生态学研究、环境政策和决策之间进行沟通的重大使命。
- 在生态学范畴里，我们的思维将从强调人类是自然界的入侵者转变为强调人类是自然界的一部分。
- 我们的目光必须看得更远，必须把研究重点放在人类如何在一个可持续发展的自然界生存这个重大的问题上。

ESA生态学远景委员会2005

- Only by understanding the environment and how it works, can we make the necessary decisions to protect it. Only by valuing all our precious natural and human resources can we hope to build a sustainable future.
- The Millennium Ecosystem Assessment is an unprecedented contribution to our global mission for development, sustainability and peace.

--Kofi Annan--

千年生态系统评估（MA）

- 2001.6启动，为期四年，1300学者，95国家
- 目标：满足决策者对生态系统与人类福祉之间相互联系方面科学信息的要求
- 《生物多样性公约》、《防治荒漠化公约》、《湿地公约》、《迁徙物种公约》
- 内容：现状和变化；对人类的影响；对策
- 科学评估为《全球环境展望》、《世界资源报告》、《人类发展报告》和《世界发展报告》提供基础

我国生态和环境的问题

- 自然环境先天不足
- 旧账新债叠加共存
- 生态恶化形势严峻
- 环境污染触目惊心
- 环境健康问题日渐突出
- 新一轮社会、经济发展的压力
- 全球变暖加剧我国生态、环境恶化

资料来源：科技长远规划一

我国的背景

- 中国21世纪议程的制订
- 有关部委的发展战略研究
- 以区域为单元的生态建设的开展
- 科学发展观
- 循环经济、节约型社会、环境友好型社会

三、研究的进展

生态系统服务功能的提出与发展

中国古代与古希腊朴素的生态学思想

生态学产生后的生物与环境的研究

20世纪70年代以来，生态系统服务功能成为一个科学术，生态学与生态经济学研究的分支

1991：国际科学联合会环境委员会会议，讨论了开展生物多样性的定量研究

1997：美国生态学会组织了以 **Daily** 负责的研究小组，对生态系统服务功能进行了系统的研究

研究进展

- ❖ **Brown等人 (1989)**

评价肯尼亚野生大象的生态旅游价值

- ❖ **Peter等人 (1993)**

亚马逊热带雨林生态系统的经济价值进行了评估

- ❖ **Tobias (1991)**

评价了 **Costa Rican** 热带雨林的生态价值

- ❖ **Pearce与Moran(1994)**

总结了不同生物资源的经济评价方法

- ❖ **Cacha(1994), Lacy与(1994),Munasinghe(1994)**

结合案例研究了自然保护区的经济评价方法,

- ❖ **Hyde与Kanel(1994),Kramer(1994),White等(1997)**

通过案例研究了濒危物种管理的经济价值

- ❖ **Gren等 (1995)**

估计了多瑙河冲积平原生态系统的经济价值。

指标体系及价值评价方法， Costanza等， 1997年

	生态系统服务	生态系统功能	举 例
1	气体调节	大气化学成分调节	CO ₂ /O ₂ 平衡、O ₃ 防护UV-B和SOx水平
2	气候调节	全球温度、降水等气候过程的生物调节作用	温室气体调节以及影响云形成的DMS生成
3	干扰调节	对环境波动容纳、延迟和整合能力	防止风暴、控制洪水、干旱恢复等环境变化的反应能力
4	水调节	调节水文循环过程	农业、工业或交通的水分供给
5	水供给	水分的保持与储存	集水区、水库和含水层的水分供给
6	控制土壤侵蚀	生态系统内的土壤保持	风、径流等运移过程的土壤侵蚀和在湖泊、湿地的累积
7	土壤形成	成土过程	岩石风化和有机物质的积累
8	养分循环	养分获取、形成、内部循环和存储	固N和N、P、K等元素的养分循环
9	废物处理	有毒物质的转移和分解	废弃物处理、污染控制和毒物降解
10	传粉	植物配子的移动	植物种群繁殖授粉者的提供
11	生物控制	对种群的营养级动态调节	捕食者对猎物种类的控制、顶级捕食者对食草动物的控制
12	庇护	为定居和临时种群提供栖息地	迁徙种的繁育和栖息地、本地种栖息地或越冬场所
13	食物生产	总初级生产力中可提取的食物	鱼、猎物、作物、果实的捕获与采集，给养的农业和渔业
14	原材料	总初级生产力中可提取的原材料	木材、燃料和饲料的生产
15	遗传资源	特有的生物材料和产品来源	药物、抵抗植物病原和作物害虫的基因、装饰物种
16	休闲	提供休闲娱乐	生态旅游、体育、钓鱼等户外休闲娱乐
17	文化	提供非商业用途	生态美学、艺术、教育、精神或科学价值

全球生态系统服务功能进行的价值评价， 33万亿美元

国内研究简况

- ❖ 张嘉宾等(1982)，利用影子工程法、替代费用法估算云南怒江、福贡等县的森林固持土壤功能的价值为**154元/亩/年**，森林涵养水源功能的价值为**142元/亩/年**
- ❖ 中国林学会在**1983**年开展了森林综合效益评价研究
- ❖ **1988**年国务院发展研究中心成立了“资源核算纳入国民经济核算体系”课题组，开展了包括水资源、土地资源、森林资源、草地资源、矿产资源等得价值核算工作
- ❖ 侯元兆等(1994)第一次比较全面地对中国森林资源价值进行了评估，其中包括三种生态系统服务功能——涵养水源、防风固沙、净化大气的经济价值，这三项功能是立木价值的**13**倍
- ❖ 欧阳志云等(1995)研究了以生态系统为例探讨了中国生物多样性间接价值
- ❖ 李金昌等(1998)出版了《生态价值论》一书，该书以森林生态系统为例全面总结了森林生态服务价值计量的理论和方法，并提出了用社会发展阶段系数来校正生态价值核算结果

国内研究简况

- ❖ 周晓峰等（**1996, 1999**）利用生态定位观测资料对黑龙江省及全国的森林资源生态系统公益价值进行了估算
- ❖ 欧阳志云等(**1996, 1999**) 分析了生态系统服务功能与生态系统结构与过程的关系，对海南岛生态系统服务功能价值作了评价
- ❖ 郭中伟等（**1997、2001**）在大量实地观测的基础上对神农架地区兴山县的森林生态系统服务功能进行了系统评估
- ❖ 薛达元等（**1997、1999**），吴钢（**2001**）运用条件价值法和支付意愿调查对长白山森林生态系统的价值进行了评价
- ❖ 蒋延玲、陈仲新、周广胜、张新时（**1999, 2000**）对我国的森林与生态系统的服务功能进行的估算。谢高地等（**2001**）等人对草地服务功能进行了研究。
- ❖ 方精云等(**2001**)评价了我国森林碳贮量及其变化。
- ❖ 李文华等(**2002**)对我国生态系统服务功能研究现状与今后发展做了系统的总结，并主编《生态系统服务功能研究》的论文集。现在的重点基金进入结题阶段。

生态系统服务功能主要价值评价方法

类型	具体评价方法	方法特点
市场价值法	生产价格要素不变	将生态系统作为生产中的一个要素，其变化影响产量和预期收益的变化
	生产价格要素变化	
替代市场价值法	机会成本法（OC）	以其它利用方案中的最大经济利益作为该选择的机会成本
	影子价格法（SV）	以市场上相同产品的价格进行估算
	替代工程法（RE）	以替代工程建造费用进行估算
	防护费用法（AC）	以消除或减少该问题而承担的费用进行估算
	恢复费用法（RC）	以恢复原有状况需承担的治理费用进行估算
	因子收益法（FI）	以因生态系统服务而增加的收益进行估算
	人力资本法（HC）	通过市场价格或工资来确定个人对社会的潜在贡献，并以此来估算生态服务对人体健康的贡献
	享乐价值法（HP）	以生态环境变化对产品或生产要素价格的影响来进行估算
	旅行费用法（TC）	以游客旅行费用、时间成本及消费者剩余进行估算
假想市场价值法	条件价值法（CV）	以直接调查得到的消费者支付意愿（WTP）或WTA来进行价值计量
	群体价值法（GV）	通过小组群体辩论以民主的方式确定价值或进行决策

生态系统服务功能与价值评价方法

生态系统服务类型	适用价值评估方法
生产有机质	市场价值法
涵养水源	影子工程法、损失成本法、涵养水源价值法
保护土壤	影子工程法
固碳放氧	直接市场法、造林成本法、工业制氧法
游憩	意愿调查法
环境净化	损失费用法、影子价格法
维持物种多样性	意愿调查法
物质循环	替代市场法
固定太阳能	影子工程法
防治病虫害	影子工程法、防护费用法
防止自然灾害	替代费用法、防护费用法
调节气候	意愿调查法

四、存在的问题

生态服务价值估算的困惑

- 宏观信息的不确定性
- 有些研究机械搬用国外的标准，与我国社会经济现状脱节
- 非市场部分价值的难于测算
- 指标的选取的任意性
- 计算方法的不可比

成绩巨大， 缺乏战略安排

五、生态系统服务功能在 实践中的应用

- 1. 加强生态系统评估的总体设计与监测:
- 2. 生态系统科学管理（分区管理，分类经营）
- 3. 退化生态系统恢复
- 4. 生态补偿
- 5. 加强科学研究
- 6. 群众参与
- 7. 国际合作

从长期生态研究计划的发展的经验

第一个十年：

第一性生产力
营养物质交换通量
营养结构干扰
有机物的积累和分解

第二个十年：

大尺度生态格局
和生态过程，以及人
为活动对生态系统的
影响

第三个十年：

打造新的综合科学
提高对复杂环境的认识
构筑一个服务于科学界和全
社会的知识体系
最终实现生态预测

结构

能流物流

过程

功能

评价



服务

政府决策

预测

调控

信息

美国国家生态系统现状报告

9个部委（局），连续性，103指标，150人参加，100评审人

- 高级顾问 10名
- 设计委员会 37名
- 海岸带与海洋工作组 23名
- 农田工作组 22名
- 流域工作组 10名
- 森林工作组 18名
- 草地灌木工作组 13名
- 城市乡村工作组 11名
- Heinz 中心项目人员 19名
- Heinz 基金委员会 10名

目标

- 让决策者了解生态系统的重要性
- 为生态系统分类提供完整的绩效指标
- 为决策者提供科学信息，政策建议，做出正确的价值判断
- 生态系统的状态以及人类活动、行为对造成生态系统的压力
- 选取的评价指标能够反映生态系统的重要属性以及生态系统提供的物品和服务

生态系统分类

- 海岸带和海洋
- 农田
- 森林
- 流域
- 草地和灌木
- 城市及乡村地区科学性

科学性， 公正性， 综合性， 实用性

Ecosystem Characteristic	Indicator Description
SYSTEM DIMENSIONS	
Extent	Area of an ecosystem or land cover type and its major components
Fragmentation and Landscape Pattern	Shapes and sizes of patches of an ecosystem type, and their relation to one another
CHEMICAL AND PHYSICAL CONDITIONS	
Nutrients, Carbon, Oxygen	Amounts and concentrations of key plant nutrients (nitrogen and phosphorus) and key ecosystem elements (oxygen and carbon)
Chemical Contaminants	Numbers of selected contaminants found in ecosystems, and how often these chemicals exceed regulatory or advisory thresholds
Physical Conditions	Condition of key aspects of the physical makeup of an ecosystem, such as erosion or water temperature
BIOLOGICAL COMPONENTS	
Plants and Animals	Status of native and non-native plant and animal species
Biological Communities	Condition of the plant and animal communities that make up an ecosystem
Ecological Productivity	Plant growth on land and in the water
HUMAN USE	
Food, Fiber, and Water	Amounts and values of key products for human use
Other Services, Including Recreation	Tangible and intangible services provided by ecosystems

生态服务补偿

Payment for ecosystem service
Ecological Compensation

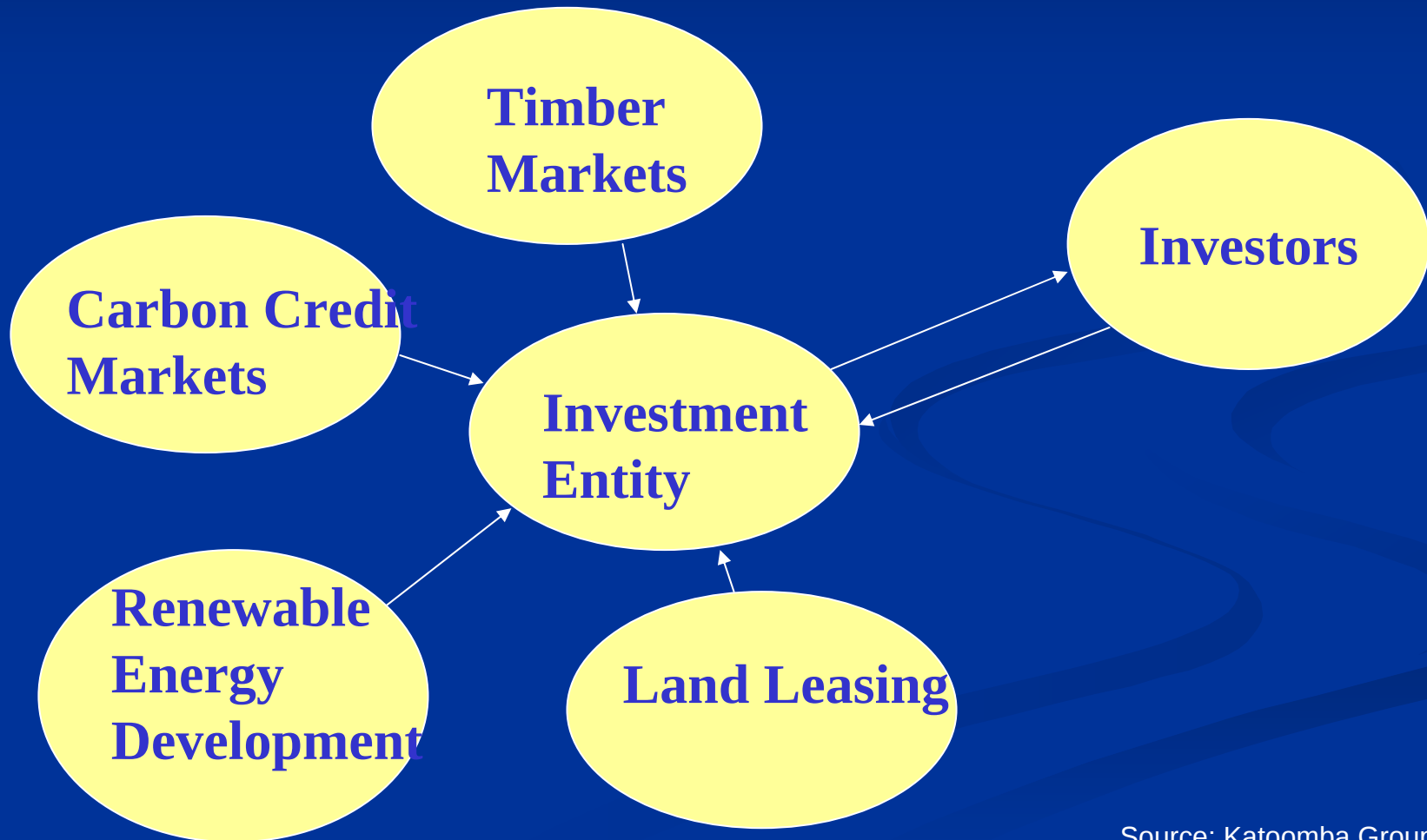
概念

- 调整损害与保护生态环境的主体间利益关系的一种综合手段，是保护生态环境的一种有效手段和激励方式
- 核心包括对生态环境破坏者和受益者征费和对保护者进行经济补偿
- 广义理解，我国的生态补偿：
 - （1）对生态环境本身的补偿
 - （2）对破坏生态环境行为的收费
 - （3）对个人或区域保护生态环境的行为进行补偿
 - （4）对具有重要生态环境价值的区域或对象的保护性投入

国际生态效益补偿类型

补偿类型	国家	补偿形式
政府扶持	美国	“由政府购买生态效益、提供补偿资金”，国有林和公有林由国家林务局和州林业部门做预算报联邦和州议会批准
	英国	国有林收入不上缴，不足部分再由政府拨款或优惠贷款
	德国	国有林实行预算制，由州议会审议后，财政拨款
政府补贴	奥地利	鼓励小林主不生产木材，只要经营森林接近自然林状态，政府给予补助
	英国	私有林主营造针叶林，给与补贴
	法国	国家森林基金（受益团体投资，特别用途税、发行债券）开辟林业资金渠道
	芬兰	营林、森林道路建设及低产林改造提供低息贷款，由财政贴息
对受益部门征收补偿费	加拿大	森林公园、植物园、自然保护区等以森林为主体的旅游部门，必须在其门票收入内提取一定比例补偿费给育林部门
	欧盟	推行二氧化碳税，实现生态效益补偿
	美国	在国有林区征收放牧税，用于牧场的更新、保护和改良
	哥伦比亚	污染者和受益者收费
	日本	水的使用者收费补偿河流上游的林主

开拓市场渠道



森林生态系统服务的潜在市场

Potential markets for forest ecosystem services

Services

Revenue

树木培育的管理



木材验证

碳储量转换



碳贸易

生物多样性保护



医药, 生物多样性补偿, 授粉

文化价值



生态旅游 保护协议

Watershed
Protection



使用者交费

为生态系统服务开拓市场

- 目前森林环境服务市场主要体现在4个方面，已有287个案例：
森林碳汇服务75个 生物多样性保护72个
流域保护服务61个 森林生态旅游服务51个
森林的多种环境服务28个
- 拉丁美洲和加勒比海占24% 北美洲占17%
欧洲占14% 非洲占7%
亚太地区占10% 国际机构占28%

我国森林生态效益补偿

The programs about FEBC in China

	试点阶段	保护范围的划定	实施省区	补偿标准(/年/公顷)
天然林保护工程	1998~1999	原始林, 天然次生林, 人工林中划为防护、特用等的公益林	18个省区 0.73亿公顷天然林	封山育林: 210元 飞播造林: 750元 人工造林: 3000元 (长江上游), 4500元 (黄河上中游)
退耕还林工程	1999~2001	25度以上的坡耕地 主要包含水土流失、风沙危害严重的重点地区	范围涉及长江上游地区和黄河上中游地区的25个省区和新疆生产建设兵团, 工程涵盖 22.93×10^6 公顷退耕地	日常开支补助: 300元 种苗补助费: 750元 粮食补助: 2250千克 (长江上游), 1500千克 (黄河上中游)
重点生态公益林保护	2001~2004	重点生态公益林林地中的有林地, 以及荒漠化和水土流失严重地区的疏林地、灌木丛地、灌丛地	在全国推广, 涵盖面积为0.26亿公顷	补偿性支出: 4.5元 公共管护支出: 0.5元

1 生态效益补偿标准过于单一，且补偿标准属于静态标准，没有结合动态的经济发展水平

- 一刀切的形式，没有根据实际情况而确定合理的补偿标准
- 应考虑补偿地区的经济发展水平、生态质量、林分类型、林分质量等制定不同的标准体系

2 生态效益补偿标准过低，补偿范围不全，难以达到补偿的目的

- 补助标准低，不能反映森林生态效益的价值，也低于管护费用(造林、碳汇)
- 国家重点生态公益林的面积为15.6亿亩(其中非天保区8.3亿亩)，到2005年为止仅补偿了4亿亩，还存在着较大差距

3 生态效益补偿管理体制不健全

- 我国目前森林生态效益管理体制还处于起步阶段，缺乏补偿活动的政策体系，政策环境，以及相关的配套机制

4 生态效益补偿缺乏完善的科学依据和核算方法体系

- 尚处于探索阶段，还没有建立一个公认的、完善的核算方法体系
- 大多直接利用国外的定价或方法，与我国社会经济现状脱节，使评价结果可信度低与可操作性差，难以取得认同，也很难为管理与决策部门所应用

5 生态效益补偿法规制度相对滞后

- 森林生态效益补偿没有专门的立法，现行的补偿制度多为应急立法
- 没有强有力的法律保障措施，各地方在进行补偿工作时，难以保障工作顺利、有效的开展

6 经营主体在森林生态补偿中的参与度不够

- 农民参与决策的程度小
- 长期以来，林农作为最基层的森林经营主体，却被动地接受安排，补偿实施方案的决策、规划、实施、监测和评估都缺乏实际意义上的参与

结束语

生态系统服务功能的保育和生态补偿研究是当前社会发展中亟待解决的问题和研究的热点。对于人类社会发展来说既是挑战又是机遇。我们要在科学发展观的指导下，本着以人为本、全面、协调可持续发展的原则，加强科学研究，紧密结合我国实际，在这些崭新的领域中不断探索，勇于创新，为实现和谐发展社会做出应有的贡献。

谢谢

