

青年生态学者论丛(三)

中国的可持续发展研究 ——从概念到行动

胡 涛 陈同斌 主 编



2-53

中国环境科学出版社

青年生态学者论丛(三)

中国的可持续发展研究 ——从概念到行动

胡 涛 陈同斌 主 编

中国生态学会青年研究会 主办
国家环保局环境与经济政策研究中心

内 容 提 要

本集精选了我国可持续发展研究领域的一批代表性论文。全书共分为三部分:可持续发展的理论与方法;全球与区域的可持续发展;产业与部门的可持续发展。本书概述了中国可持续发展研究从概念认识到具体行动的转变过程;对可持续发展的一些关键问题,例如可持续发展的定量判据指标,具体实现一个区域可持续发展的途径等,都有详尽论述。本书对从事生态环境、经济发展研究与管理部門的学者都有一定参考价值。

中国的可持续发展研究

——从概念到行动

胡 涛 陈同斌 主 编

责任编辑 张维平

* * *

中国环境科学出版社出版

(100062 北京崇文区北岗子街8号)

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

* * *

1995年8月第1版 开本 787×1092 1/16

1995年8月第1次印刷 印张 17.125

印数 1—1000 字数 450千字

ISBN 7-80093-822-0/X·965

定价:26.50元

《中国的可持续发展研究
——从概念到行动》编委会

主 编
副主编
编 委

胡 涛 陈同斌
单绪强 郭玉杰 欧阳志云

(按姓名笔划为序)

王 毅	王宏广	毛显强	宇振荣
张东威	张 斌	沈长朋	杨建新
徐 斌	康晓光	高德明	曹卫东
钱 翌	贾 炅	谢 红	楼 伟

谨以此书献给：

中国可持续发展事业的开拓者
世界环境与发展委员会委员
中国科学院原学部委员

——马世骏 教授

为可持续发展做贡献是中国青年生态学工作者的光荣任务

陈昌笃

在1992年5月22日,即在巴西里约热内卢召开“联合国环境与发展大会”的前夕,中国生态学会青年研究会和国家环保局环境经济政策研究中心联合在北京召开了“'92可持续发展青年研讨会”。这是中国生态学发展历史中一件十分重要的事情,因为研讨会的召开标志着我国新一代的青年生态学及有关学科工作者对国家命运的责任感,标志着他们不满足于传统的以资料搜集为主的经验式研究,愿将自己所学与国家建设需要紧密联系起来,也标志着中国生态学在关心和参加国家重大决策,履行自己固有使命方面前进了一步!

可持续发展是当前全世界各国共同追求的目标。这个概念来源于生态学。在国际文件中最早出现于1980年发布的《世界自然保护大纲》(The World Conservation Strategy)。随着1988年“联合国环境与发展委员会”(WCED)《布伦特兰德报告》(Brundtland Report)的出版,在各国得到了普及,并为1991年出版的《关心地球》(Caring for the Earth)所采用,成为1992年里约高峰会议的主题。

什么是“可持续发展”?《布氏报告》提出的定义是:“既满足当代人的需求,而又不损害后代满足他们需求的能力的发展。”换言之,这种发展不能只追求眼前利益,而损害长期发展基础,必须短期效益与长期效益兼顾,或者用通俗的话说:不能“吃祖宗饭,造子孙孽”!

“发展”应该是一个很广泛的概念,包括多方面的内容。它不仅表现在国家经济的增长,国民生产总值的提高,人民生活水平的改善;它还表现在文学、艺术、科学的昌盛,人们道德水平的提高,社会秩序的和谐,国民素质的改进等。简言之,既要“经济繁荣”,也要“社会进步”。所以发展活动有些具经济的目标,有些具社会的目标;有些以物质资源为基础,有些以智力为基础。它是各种活动的综合,其总的目的是每个人都能享受充足富裕的生活,其潜力得到充分发挥。

发展并不是可以无限制地继续下去。通常认为,发展受三方面因素的制约:经济的(要求效益超过成本,或至少与成本平衡),社会的(不违反基于传统、伦理、宗教、习惯等而形成的一个民族或一个国家的社会准则,即必须保持在社会对改变的忍耐力以内)和生态的(各种陆地和水体的自然生态系统,农业生态系统等生命支持系统及有关的过程),其中生态限制又是最基本的。因为正是生命支持系统提供了人类生活的必需品,包括空气、淡水、食物以及衣着、住房、烹饪和取暖的必要物质等。除此以外,生命支持系统还为人类提供了多种生态服务。

既然人类离不开生命支持系统,那么,接着的重要问题是:地球生命支持系统支持的力量有没有极限?这就是承载力的问题。当前地球的承载力状况怎样?有人认为:世界人口按目前速度增长下去,很快就会超过地球的承载力,其后果将会给人类带来莫大灾难;另一种意见认

为:新的技术和资源替代为净化环境和供应原材料提供了无限的可能性,地球的承载力实际上是无限的。

这两种意见也许都过于极端。承载力概念来源于畜牧业,史前时代的游牧民族就注意到,他们的畜群在一个草坡上不可能长期放牧下去,经过一定的啃食之后,必须把畜牧群转移到另外的地方去,以免造成过牧,从而影响它的恢复力。这就是说,任何草坡,其载畜能力(承载力)是有一定限度的,这种承载力取决于饲草种的特征,降雨的数量和时间分配,土壤的质量,地形等等。此外,承畜量也决定于放牧动物的数目和它们消费的饲草数量的乘积。

对于一个草场来说,承载力可以定量地精确测定,但地球对于人类的承载力则不如此容易测定:因为它决定于大量因素的综合,包括技术发展和资源替代在内。无需证明就可以断定地球的承载力决不是无限的,因为最基本的一点是地球的面积是固定的。不管怎样,我们的活动必须保持在地球的承载力的极限之内。我们应该,也能够做到,尽我们所能保持所有生态系统组分的健康和生产力,保护人类的生命支持系统和生物多样性,保证可更新资源在它们更新能力之内的利用,以及把不可更新资源的耗竭减少到最小。

所以,《关心地球》把“可持续发展”确定为:“在生活于支持生态系统(即生命支持系统)的承载力之内的情况下,改善人类的生活质量”。

人类经过多少世纪的探索和努力,终于认识到:必须走可持续发展之路,这是人类文明发展到今天的必然结果。可持续发展是一种理想,但是是经过努力可以实现的理想。

人类历史上任何理想的实现都是要付出巨大代价的,没有为理想而献身的精神,或者相反,甚至抱着某种为个人或小集体获取物质利益而打着“为可持续发展工作”的旗号,那是无助于这一艰难而崇高使命的实现的。

青年们是我们实现“可持续发展”的生力军,我们寄希望于你们!

切实行动,走可持续发展之路

张坤民

人类生存繁衍的历史可以说是人类社会同大自然相互作用、共同发展和进化的历史。哲学在对“人地关系”的不断思考中得以深化,社会则在这种反思中评价并选择其发展模式以实现人类社会的进化。生存和发展作为社会目标,这是不言自明的事实,而选择什么样的生存与发展方式以及如何实现它,却一直是困扰着人类的命题。人类数千年文明史中的关键部分始终围绕着“人地关系”这一主题。从对大自然的恐惧和顶礼膜拜、到对技术的迷信和对“人定胜天”的执着、进一步到对协调发展的认知和可持续发展的着手实施,这是一个艰难的认识、实践、再认识并且仍在继续着的过程。可持续发展虽然在国际宣言、政府文件和新闻媒体中占据了大量的篇幅,可是要把这种理念付诸实践还是一条漫漫长路。可喜的是,我国学术界的年青一代不仅在思想上追求这一思潮,更重要的是他们正在努力付诸行动,我们面前这本《中国的可持续发展研究》就体现了一些青年人“从概念到行动”的探索。

在发展模式的选择上,作为发展中国家,中国面临着更严峻的挑战。人口众多、人均资源拥有量低、科学技术水平不高、产业结构和价格政策不够合理、环境质量不尽人意等国情,使得中国处于一种两难处境之中。如何处理经济增长同环境保护之间的矛盾?如何协调这一对密切相关的方面?这是我们必须解决的重大问题。实践经验和理论研究表明,可持续发展才是摆脱困境的唯一选择。只有走可持续发展之路,才能不断满足人民日益增长的物质和文化需要,实现社会、经济和环境的持续、快速、健康发展。

人们对于发展模式的探讨已经提出了许许多多各有侧重的可持续发展概念,但其中心点仍然围绕着:“既满足当代人的需求,又不对后代人满足其需求的能力构成危害的发展”。也就是说,可持续发展既要体现现代内公平的原则,也要体现代际公平的思想。无论从何种角度加以定义,可持续发展的基本思想可以简要地概括为:

(1)可持续发展不否定经济增长(尤其是穷国的经济增长),但是人类需要重新审视如何推动和实现经济增长。目前急需解决的问题是调查研究经济上的扭曲和误区,并站在保护环境特别是保持总资本存量的立场上纠正它们,使传统的经济增长模式逐步向可持续发展模式过渡。

(2)可持续发展要以自然资源为基础,同环境承载能力相协调。“可持续性”可以通过适当的经济手段、技术措施和政府干预而得以实现,这些手段和干预的目的是减缓自然资源的耗竭速率,使之低于资源再生速率。如果经济决策中能够将环境影响全面地系统地考虑进去,不损害环境的、可持续的增长是可以实现的。相反,如果处理不当,环境退化的成本会非常巨大,甚至可能抵销经济增长的成果。

(3)可持续发展承认自然环境的价值,这种价值不仅体现在环境对经济系统的支撑和服务价值上,同时也体现在环境对于支持人类生存的不可或缺的存在价值上。应当把生产中环境资

源的投入和服务计入生产成本和产品价格中,并逐步修改和完善国民经济核算体系,这是实现可持续发展的重要方面。

(4)可持续发展以提高生活质量为目标,同社会进步相适应。单纯追求产值的经济增长不能体现发展的内涵。生活质量包括自然和社会两方面,自然方面包括环境质量的改善,社会方面有居住条件、社会服务、教育与医疗保健等,还包括社会秩序的稳定以及社会、经济结构的进步。环境保护对自然方面和社会方面的生活质量的提高都很关键。

(5)可持续发展的实施以适宜的政策和法律体系为条件。必须强调各级经济、社会、环境政策制定和重大行动的“综合决策”,改变以往封闭的、“单打一”的做法。还要强调公众参与。要制定和有效执行保障可持续发展实施的政策、法规和法律。要把可持续发展的思想纳入到经济发展、人口、环境、资源和社会保障等各项立法以及重大决策中。

基于上述的理解,当前迫切需要解决的问题可以概括为:

(1)提高意识、转变观念。尤其是自然资源的价值观和具有可持续性的发展观,要使之深入人心并体现在人们的日常消费、企业的生产经营以及各级政府的决策之中。

(2)进行反映可持续发展要求的自然资源和环境资源的定价政策研究和改革。要使经济产品的价格不仅反映直接的生产成本,也反映所投入的自然和环境资源的价值;要使资源价格不仅反映当今的生产和环境成本,也反映由于当前对资源的利用而对后代人的利益所造成的损失,以纠正过去无视资源价值和作用的经济扭曲现象。

(3)根据可持续发展的要求,加快调整经济结构和产业布局,以体现提高人民的生活质量的要求。既要达到经济发展的目标,又要通过结构调整减少或避免对环境和自然资源的破坏。

(4)推动技术进步,开发善待环境的产品和技术,提倡清洁生产,减少物耗能耗、减少污染排放、提高经济效率。

(5)制定和实施保证可持续发展的政策、法规和法律。自然资源和环境资源的“公共物品”属性,是“市场失灵”和“政策失灵”出现的根源。为此,必须把经济手段、法律手段和行政手段结合起来,缺一不可。

要实现一个有效率的、公平的和不断发展的社会,需要每一个人的努力。处于世纪之交,中国正面临着巨大的发展机会。把握住这个不可多得的重要契机会给中国乃至全人类带来更大的希望。明天掌握在我们每一个人的手中,体现在我们每一项有益的行动中。当今的中国既需要理论上的巨人,也需要脚踏实地的实践者。

目 录

序 为可持续发展做贡献是中国青年生态学工作者的光荣任务	陈昌笃	(i)
序 切实行动,走可持续发展之路	张坤民	(iii)

I 理论与方法

复合生态系统与可持续发展	马世骏、王如松	(2)
国外可持续发展研究概况	吕永龙	(9)
可持续发展及可持续能力概念的起源与应用	楼 伟	(15)
生态成本与复合价值:可持续发展的复合系统分析方法	胡 涛 徐 斌	(19)
农业发展研究中的生态系统分析模式探讨	李 季	(27)
可持续发展的资源环境基础	毛显强 胡 涛	(32)
生态规划:实现可持续发展的途径	欧阳志云 王如松	(40)
通向可持续发展的道路:建立可持续发展试验区	夏 光	(53)

II 区域与全球

中国式可持续发展战略的初步构想	牛文元 康晓光 王 毅	(60)
国际背景下的中国可持续发展	单绪强 谢 红	(73)
中国可持续发展的选择与对策	王 毅	(78)
区域生态经济研究与可持续发展	康晓光 王 毅	(84)
论全球环境问题与可持续发展战略	肖 平	(89)
温室效应的社会经济发展策略模拟:对全球可持续发展策略的研究	黄桂林	(95)
全球气候变暖与我国可持续农业对策	左广胜 郭玉杰 戴晓枫	(102)
土地恢复与可持续发展	陈同斌 张东威	(107)
干旱区绿洲生态系统的退化与可持续发展	赵成义	(113)
江苏大丰县可持续发展实证分析	胡 涛 徐 斌 单绪强	(120)
鄂尔多斯地区土地退化评价及可持续发展途径分析	贾 贝	(128)
北方旱地农业资源系统分析与可持续发展战略	高德明	(135)

III 产业与部门

可持续农业的环境经济激励政策研究.....	胡 涛 徐 斌 单绪强	(141)
我国农业可持续发展的对策.....	王宏广	(148)
可持续农业的可持续性探讨.....	张 斌 张桃林	(161)
绿肥在可持续农业中的作用.....	曹卫东 陈礼智	(168)
土地生产力模拟模型与土地可持续利用.....	宇振荣	(175)
土壤的环境经济学分析与农业可持续发展.....	钱 翌 谢 红 胡 涛	(183)
杂草污染与可持续发展:一种值得警惕的新污染类型	谢 红 万方浩	(190)
抗性棉铃虫治理的可持续发展策略:生物对策	左广胜 郭玉杰 方昌源	(192)
害虫治理中的农民行为分析.....	郭玉杰 左广胜 王念英 赵军华	(204)
害虫综合防治与可持续发展:以山东省苹果害虫为例.....		
.....	沈长朋 张振芳 顾 耘 宿 逼 冷绍龙	(210)
生物固氮与水稻生产的可持续发展.....	陈同斌	(215)
生物多样性与可持续发展.....	杨建新	(224)
中国自然保护区的可持续发展对策.....	赵 宏 常仲农	(231)
组促供需理论与可持续发展——资源效用型林业发展的机制与政策.....	李智勇	(236)
节水灌溉与北方农业可持续发展研究 I: SPAC 水分诊断模式及其在灌溉决策中的应用		
.....	石培华 梅旭荣 冷石林	(244)
农业气象研究在可持续农业中的地位.....	高德明 胡 芬 梅旭荣	(251)
适应世界潮流,实施可持续发展,推动国有企业深化改革.....	张坤民 张世秋	(257)
乡镇工业污染防治战略与可持续发展.....	李 远	(263)
后记: 为了可持续发展,为了明天更美好.....	编者	(268)

Preface J. Warford

Content

I . 理论与方法

胡涛. 马世骏主编

中国环境科学出版社
China Env. Sci. Press

中国的可持续发展研究——从概念到行动
Sustainable Development in China

1995年5月
May, 1995

复合生态系统与可持续发展

马世骏

王如松

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘 要 本文探索了复合生态系统结构与功能、动力学机制和生态控制论公理, 它们与可持续发展的原理是相一致的。

关键词: 复合生态系统 结构与功能 动力学 生态控制论公理

前 言

自然科学的研究内容就其复杂程度而言大致可分为三类:

(1) 应用某一学科方法阐明物质的结构、性质、功能及其动态变化的规律, 例如物理、化学、生物学等。

(2) 应用多种方法阐明两种或两种以上不同特性的物质结合后的结构、性质及其功能变化的规律。

(3) 应用多种方法及手段阐明自然物质、人工物质在自然界及人类社会中的作用、性质及演变规律。

以上三类科学研究都有其复杂性, 然而就其涉及参数、变量及不稳定性而言, 第三类科研工作最复杂, 因为除了具有量、时、空等变化外, 还有非线性难以定量的问题序存在。

现以本文为例, 人类社会不同于生物群落, 它是一类以人的行为为主导, 自然环境为依托, 资源流动为命脉, 社会体制为经络的人工生态系统, 我们称其为社会—经济—自然复合生态系统(马世骏, 1984)。人类生态学的任务就是要研究各种不同类型复合生态系统及其与外部环境间的各种基本生态关系、动力学机制和调控方法。

1. 复合生态系统(SENCE)的结构与功能

生态统一词由 Tansley 1935 年提出以来已半个多世纪了。Tansley 的定义是指在特定地域的生物群落及作用于其上的各种非生物因子所组成的功能实体。人们习惯于将特定地域的所有生物和非生物环境总称为生态系统, 这对于研究相对孤立的“岛屿”生态系统(如海岛、森林、湖泊等)是比较合适的。但对于研究与外界有着大量物质、能量交换及生物迁徙关系的系统, 如农田的作物——害虫系统, 城市生态系统等就不合适。因为 Tansley 定义的核心是相互作用。如果将所有相互作用都包括进去, 系统过大无法研究; 如果考虑的关系过少, 又难以反映出系统的主要特点。对于城市或农村复合生态系统尤其如此。因此, 我们把复合生态系统的结

构理解为三个关系圈的集合(图 1)。其核心圈是人,包括人的组织、技术和文化,是复合生态系统的控制机构,可称其为生态核;第二圈是复合生态系统内人类活动的直接环境,包括地理环境、人工环境和生物环境,是复合生态系统的基质部分,可称为生态基;第三圈是 SENCE 的外部环境,包括源、汇和库,是复合生态系统的外部支持系统,可称其为生态库(刘建国等,1986)。

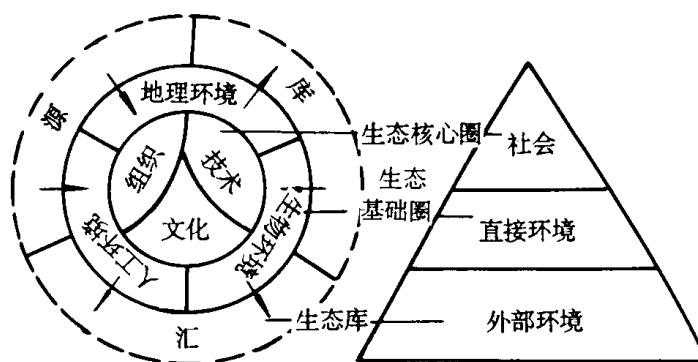


图 1 复合生态系统结构示意图

这三个圈是相互渗透、相互作用的。复合生态系统不同于传统生态系统的地方在于,它有两层边界:内边界(即生态基的边界)有特定的空间范围,但不是一个完整的功能实体,其物质流、能量流、信息流、价值流主要依赖于外部环境支持;外边界是模糊边界,没有连续的空间范围,而只表示与内层生态基有关的那些源、汇、库的影响范围。复合生态系统研究的基本任务,一是要弄清基与库之间功能流关系的动力学特征(图 1 中用第 2,3 圈之间的箭头表示);二是要弄清核与基之间的控制论关系及调控方法。

复合生态系统的功能可用图 2 的八面体来表示,其顶点为人(H)、生产(P)、生活(L)、资源(R)、环境(E)、和自然(N),分别表示 SENCE 的控制、生产、生活、供给、接纳和还原再生功能,它们可分为三类:

社会功能—	控制(H)	经济功能
	生产(P)	
	生活(L)	
自然功能—	供给(R)	
	接纳(E)	
	还原(N)	

这三类功能的相生相克构成了复合生态系统复杂的生态关系:包括人与自然之间的促进、抑制、适应、改造关系;人对资源的开发、利用、加工、储存关系以及人类生产和生活活动中的竞争、共生、役使和隶属关系。

复合生态系统功能主要由人与自然、生产和生活、资源与环境三类矛盾所支配,分别由图 2 中的 HN 轴、PL 轴和 RE 轴所代表。其中每一条轴的两端都是相生相克的,任何一端的过度增长都会给另一端造成不良的影响。当今世界上的环境问题,大多是由于这三对关系的不平

衡所造成的。

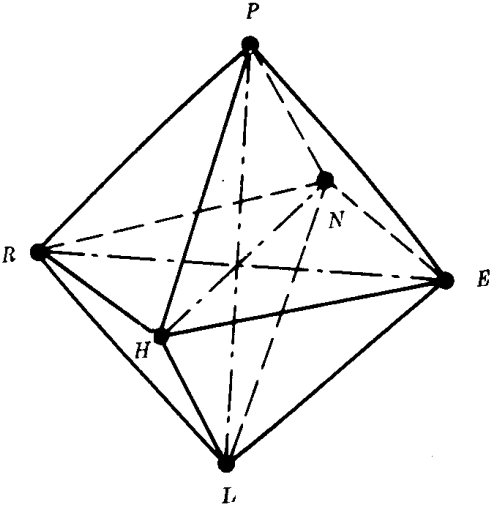


图2 复合生态系统的功能示意图

2. SENCE 的动力学机制探讨

复合生态系统是靠其内部复杂的物理关系、事理关系和情理关系来维持其生命力,驱动物质流、能量流、信息流、资金流和人口流的正常运转和演替的。表1列举了这些生态过程的类型、演替方向、生态机理及测度方法。

表1 复合生态系统动力学

范畴	过程	演替方向	机理	攻关内容
物质	环境变化	自然↔人工	自然演替	生态耗竭指数
	物质迁移	无用↔有用	和人工开拓	生态滞留指数
	能量流动	集中↔分散	循环再生	生态效率
事理	价值增减	低值↔高值	价值规律	生态价值
	科技进步	低序↔高序	能质积累	生态序
	体制沿革	链式↔网式	协同共生	生态和谐度
情理	人口变迁	乡村↔城市	趋适竞争	生态吸引力
	文化演变	野蛮↔文明	协同进化	生态意识
	行为调节	自发↔自为	自组织	可持续发展能力

复合生态系统演替是自然演替和人为开拓两种力交叉作用的结果,受到多种生态因子的影响,其中主要有两类因子在起作用:一类是利导因子;一类是限制因子;当利导因子起主导作用时,各项人类活动竞相占用有利生态位,系统近乎指数增长(或 γ 型增长),这时生态过程表现为对利导因子的争夺过程,包括对未被利用的资源、环境的开拓和不同人类活动间的竞争过程,旨在追求发展的速度或效率。随着生态位的迅速被占用,一些短缺性生态因子逐渐成为限制因子,发展的速度受到抑制,呈阈限型或 K 型增长,这时的生态过程表现为对限制因子的妥

协过程,包括对可利用资源的循环再生和人类活动间的协同共生,旨在保持发展的稳定性。整个发展过程可用著名的逻辑斯蒂克曲线来说明(图 3),其动力学特性见表 2。

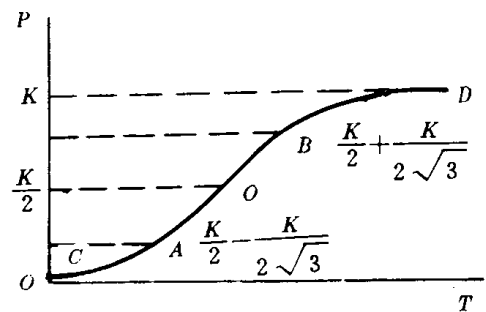


图 3 逻辑增长曲线

表 2 系统演替的动力学特性

P	0	$[0, \frac{K}{2} - \frac{K}{2\sqrt{3}}]$	$\frac{K}{2} - \frac{K}{2\sqrt{3}}$	$[\frac{K}{2} - \frac{K}{2\sqrt{3}}, \frac{K}{2}]$	$\frac{K}{2}$
$\frac{dP}{dt} + rP(1 - \frac{P}{K})$	0	增加	$\frac{rK}{6}$	增加	$\frac{rK}{4}$ 最大
$\frac{d^2P}{dt^2} = rP(1 - \frac{P}{K})(1 - \frac{2P}{K})$	0	增加	$\frac{r^2K}{6\sqrt{3}P}$ 最大	减小	0
演替阶段		孕育期	全盛期 可持续发展阶段区		

P	$[\frac{K}{2}, \frac{K}{2} + \frac{K}{2\sqrt{3}}]$	$\frac{K}{2} + \frac{K}{2\sqrt{3}}$	$[\frac{K}{2} + \frac{K}{2\sqrt{3}}, K]$	K
$\frac{dP}{dt} + rP(1 - \frac{P}{K})$	减小	$\frac{rK}{6}$	减小	0
$\frac{d^2P}{dt^2} = rP(1 - \frac{P}{K})(1 - \frac{2P}{K})$	减小	$\frac{-r^2K}{6\sqrt{3}}$ 最小	增加	0
更替阶段	成熟期	可持续发展阶段区		期项极

从表中可以看出逻辑斯蒂克增长中的两种动力学过程：一方面，系统在环境容量 K 的约束下，力争最大限度地发挥其内在潜力 r ，使系统的发展速度尽可能保持在 0 点最大速度 $yK/4$ 附近；另一方面，系统尽可能远离风险最大的两端 $P=0$ 和 $P=k$ ，而采取保护性的“半好”对策，把发展拉向以 0 为中心可持续发展区 AB 以内，使其加速度保持稳定，而在孕育期 CA 内尽可能加快其加速度。

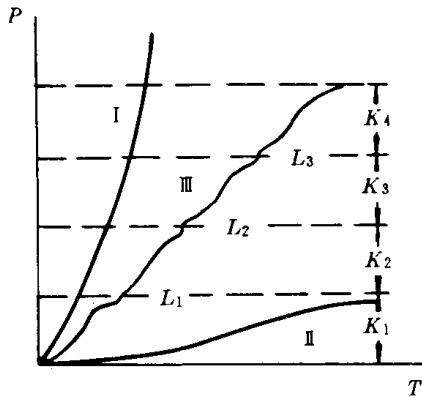


图 4 SENCE 发展的几个不同过程

不过，由于复合生态系统有其能动地改造环境，突破限制因子束缚的趋向。通过改变优势“种”，调整内部结构或改善环境条件等，环境容量被加大，旧的限制因子又逐渐让位给新的利导因子和限制因子，系统呈现新的 S 型增长。整个系统就是在这种组合 S 型增长中演替进化的（图 4）。图 4 中，I 型增长只有发展而无平衡机制，是一种不能持久的发展，迟早会由于限制因子的作用受阻或崩溃；II 型增长只有平衡而发展过慢，生命力低，迟早会被新的过程所取代，III 型增长具有持续的发展能力和一定的平衡机制，能自动跟踪变化着的环境，具有较高的过程稳定性，尽管从物理学意义上说它是发散的，组合 S 型增长的动力学方程可写为

$$\left. \frac{dp}{dt} \right|_i = r_i \left(p - \sum_{j=1}^{i-1} K_j \right) \left(\sum_{j=1}^i K_j - p \right) / K_j$$

它是由分段连续的逻辑型增长曲线组合而成，每一段内禀增长率 r_i 和新增环境容量 K_i 都不尽相同，段与段之间一般有一突变区 L_i ，其突变期间的长短 L_i 以及 r_i 和 K_i 的大小决定了整个系统的可持续发展能力和过程稳定性。

3. SENCE 控制论与可持续发展

可持续发展一词最初是由世界保护战略委员会 1980 年提出的。世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》(1987)一书中给出了其确切的定义，即一种“既满足当代人的需要，又不对后代满足其需要能力构成危害的发展”。尽管可持续发展的概念已被世界各国所广泛接受，但如何制定一套评价标准和具体措施来保证其具体实现，却是一个有待研究的课题。特别是发展中国家，沉重的人口压力，短缺的资源供给和恶化的生态环境间已形成一种恶性循环：经济越不发达，越过度开发资源和破坏生态环境，因而可持续发展能力就越差，导致经济越不发达。这些问题的产生固然有其自然的、历史的或外部的原因，但考察一下复合生态系统内部就会发现资源开发和利用中的惊人浪费：劳动力、资金、时间等的低效率运转；关系、体制、行为的不合理耦合等比比皆是。SENCE 研究的最终目的就是要依据下述生态学原理去找出生态问题的症结，在外部投入有限的情况下，通过各种技术的、行政的和行为诱导的手段去调节系统内部各种不合理的生态关系，提高系统的自我调节能力，实现因地制宜的可持续发展。

考察各类自然和人工生态系统，我们可以发现如下生态控制论公理：

公理 1. （循环原则）世间一切产品最终都要变成废物；世间任一“废物”必然是对生物圈