

# 前 言

王如松先生毕生致力于复合生态系统理论与可持续发展研究，为生态学发展和我国生态文明建设做出了杰出的贡献。他与导师马世骏先生共同创建了社会—经济—自然复合生态系统理论，开创了复合生态系统生态学新领域。他创立的泛目标生态规划方法，为认识人与自然的耦合关系提供了新方法，为推动我国可持续发展与生态文明建设奠定了理论基础。他率先开展的城市生态学与产业生态学研究，为生态学成为指导我国经济社会发展的科学基础发挥了引领作用。他提出了我国生态文明的内涵与建设途径，主持开展了第一个生态县、第一个生态省和首批生态市的规划研究，探索了我国生态县、生态市、生态省的可持续发展模式，为我国实施可持续发展战略与生态文明建设做出了重大贡献。

王如松先生的主要学术成就和贡献包括以下四个方面。

## 一、创建社会—经济—自然复合生态系统理论，为认识和调控人与自然的耦合关系提供了新方法

王如松先生与马世骏先生共同创建了社会—经济—自然复合生态系统理论。为协调人与自然的关系，推动我国可持续发展与生态文明建设奠定了理论基础。

早在1984年，马世骏与王如松先生针对当时生态环境问题日趋严重，人与自然的关系失调，长期以来对以人类活动为主导的城市和区域系统认识的方法论，已不能指导经济社会的可持续发展，在国际上首次提出了社会—经济—自然复合生态系统理论，并指出城市与区域是以人的行为为主导、自然环境为依托、资源流动为命脉、社会文化为经络的社会—经济—自然复合生态系统，“三个子系统既有各自运行规律，也是相互作用的整体”，复合生态系统中“人是最活跃的因素，也受自然生态规律制约”<sup>〔1〕</sup>。“自然子系统是由水、土、气、生、矿及其间的相互关系来构成的人类赖以生存、

---

〔1〕 马世骏，王如松．社会—经济—自然复合生态系统．生态学报，1984.4（1）：1-9.

繁衍的生存环境；经济子系统是指人类主动地为自身生存和发展组织有目的的生产、流通、消费、还原和调控活动；社会生态子系统由人的观念、体制及文化构成”，这三个子系统是相生相克，相辅相成的。“三个子系统之间的生态耦合关系和相互作用机制决定了复合生态系统的发展与演替方向。复合生态系统理论的核心是生态整合，通过结构整合和功能整合，协调三个子系统及其内部组分的关系，使三个子系统的耦合关系和谐有序，实现人类社会、经济与环境间复合生态关系的可持续发展”<sup>[2]</sup>。

王如松先生阐明了复合生态系统发展与演化的动力学机制来源于自然和社会两种作用力。自然力的源泉是各种形式的太阳能，它们流经系统的结果导致各种物理、化学、生物过程和自然变迁。社会力的源泉有三：一是经济杠杆——资金；二是社会杠杆——权力；三是文化杠杆——精神。资金刺激竞争，权力诱导共生，而精神孕育自生。三者相辅相成构成社会系统的原动力<sup>[3]</sup>。自然力和社会力的耦合导致不同层次复合生态系统特殊的运动规律。他进一步指出复合生态系统不仅遵从自然界的“道理”，也遵从人类活动的“事理”和人类行为的“情理”。生态控制论不同于传统控制论的一大特点就是对“事”与“情”的调理，并提出了各类自然和人工生态系统的控制论原理，即胜汰原理、拓适原理、生克原理、反馈原理、乘补原理、瓶颈原理、循环原理、多样性和主导性原理、生态发展原理、机巧原理<sup>[4]</sup>。并特别指出“发展是一种渐近的有序的系统发育和功能完善过程。系统演替的目标在于功能的完善，而非结构或组分的增长；系统生产的目的在于对社会的服务功效，而非产品的数量或质量”<sup>[5]</sup>。

他以复合生态系统理论为基础，提出了“循环再生、协调共生、持续自生”的“三生”原则，从自然、经济、社会三个不同层次去调整资源利用效率，改善生态关系，拓宽生态位，增强复合系统的活力，促进城市与

[2] 王如松，欧阳志云．社会—经济—自然复合生态系统与可持续发展．中国科学院院刊，2012.27（3）：337-345.

[3] 王如松．城镇可持续发展的生态学方法．科技导报，1996.97（7）：55-58.

[4] Wang Rusong, et al. Understanding eco-complexity: social-economic-natural complex ecosystem approach. Ecological Complexity, 2011.8（1）：15-29.

[5] 王如松，欧阳志云．生态整合——人类可持续发展的科学方法．科学通报，1996.41（增刊）：47-67.

区域可持续发展,进而解决人类生存和发展问题<sup>[6]</sup>。

为了调控复合生态系统,王如松先生创立了从量到序、从优化到进化、面向系统功能的泛目标生态规划,其原理是根据生态位因子的上下限,在现实生态位内不断改进和协调系统关系使系统功能的整体效益达到某一较理想的程度,实现系统机会和风险的平衡。局部决策运用数学模拟和规划的“硬”方法,而宏观决策则运用各种定性的、经验的、模糊的“软”方法<sup>[7][8]</sup>。

复合生态系统理论开创了人与自然耦合机制与调控方法研究的新思路,为我国可持续发展战略和生态县、生态城市、生态省的规划与建设,以及生态文明建设奠定了理论基础。

## 二、开创城市复合生态系统生态学的新领域

王如松先生在系统总结国际上城市生态学研究各种理论的基础上,以复合生态系统理论为指导,开创了我国城市生态学研究。他认为,城市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<sup>[7]</sup>。城市生态学目的是探索城市生态系统的动力学机制、控制论方法,辨识系统中各种局部与整体、眼前和长远、环境与发展、人与自然的矛盾冲突关系,寻找调和这些矛盾的技术手段、规划方法和管理工具<sup>[3]</sup>。

王如松先生深入论证了城市生态系统的结构、功能及其相互关系。他认为“城市社会、经济、自然三个子系统交织在一起,相辅相成,相生相克,导致了城市这个复合体复杂的矛盾运动”<sup>[9]</sup>。社会生态子系统以人口为中心,该系统以满足城市居民的就业、居住、交通、供应、文娱、医疗、教育及生活环境等需求为目标,为经济系统提供劳力和智力。经济生态子系统以资源为核心,由工业、农业、建筑、交通、贸易、金融、信息、科

[6] 王如松,赵景柱,赵秦涛.再生、共生、自生——生态调控三原则与持续发展.生态学杂志,1989.8(5):33-36.

[7] 王如松.高效.和谐——城市生态调控原理与方法.1988.长沙:湖南教育出版社.

[8] Wang Rusong, et al. Pan-objective ecological programming (POEP) — application of mathematical programming to ecological research, in Korhonen P, et al. Multiple Criteria Decision Support, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Springer-Verlag, Berlin. 1989. (356): 321-330.

[9] 王如松.走向生态城——城市生态学及其发展策略.都市计划(中国台湾).1991.18(1):1-17.

教等组分组成，它以物资从分散向集中的高密度运转，能量从低质向高质的高强度集聚，信息从低序向高序的连续积累为特征。自然生态子系统以自然环境与生物为主线，包括植物、动物、微生物、人工设施和自然环境等，对城市人口与经济活动的支持、容纳、缓冲及净化为特征。城市生态系统有三种功能：一是生产，为社会提供丰富的物质和信息产品，城市生产活动的特点是：空间利用率高，能流、物流高强度密集，系统输入、输出量大，主要消耗不可再生性能源，且利用率低，系统对外界的依赖性较大。二是生活，为居民提供生活条件和栖息环境，即一方面满足居民基本的物质、能量和空间需求，保证人体新陈代谢的正常进行和人口的持续繁衍；另一方面满足居民丰富的精神、信息和时间需求，让人们从繁重的体力和脑力劳动中解放出来。三是还原，保证城乡自然资源的永续利用和社会、经济、环境的平衡发展。即一方面必须具备消除和缓冲自身发展给自然造成不良影响的能力；另一方面在自然界发生不良变化时，能尽快使其恢复到良好状态，包括自然净化和人工调节两类还原功能。城市生态系统的功能是靠其中连续的物流、能流、信息流、货币流及人口流来维持的。它们将城市的生产与生活，资源与环境，时间与空间，结构与功能，以人为中心串联起来。阐明了这些流的动力学机制和调控方法，就能基本掌握城市这个复合体复杂的生态关系<sup>[7][9]</sup>。

他进一步阐明了城市问题的生态学实质是人与自然间系统关系的失调，一是“流”或过程的失调。城乡环境污染及区域资源耗竭的根源在于低的资源利用效率和不合理的资源开发行为，导致或者过多的物质能量释放到或滞留在环境中，或者投入少、产出多，自然生态系统得不到足够的补偿、缓冲和休养生息。二是“网”或结构的失调。城市是一个通过各种复杂的物理网络、经济网络和社会文化网络交织而成的时、空、量、序的复合系统。系统组分关系的不均衡耦合是目前城市发展中各种尖锐矛盾的系统根源之一。三是“序”或功能的失调。城市建设与管理只注重城市社会生产和生活功能，忽略资源、环境、自然的供给、接纳、缓冲及调控功能<sup>[10]</sup>。

他提出城市生态建设的目标是效率、公平性、可持续能力。城乡生态

---

[10] 王如松. 现代化的挑战——中国大陆都市发展的人类生态过程及对策分析. 城市发展研究(中国台湾), 1994. (1): 30-35.

建设是依据生态控制论原理,调节城市内部各种不合理的生态关系,提高系统的自我调节能力,通过各种技术的、行政的和行为诱导的手段,因地制宜地实现环境与经济的协调持续发展<sup>[3]</sup>。他强调指出,“协调的生态功能包括持续的资源供给能力、环境容纳能力、自然缓冲能力、经济协调能力和社会组织能力”;“它有赖于政府的宏观调控行为、企业的协同共生行为及民众的监督自理行为,其中任何一方面能力的削弱都会导致系统功能的紊乱”,城市生态建设主要任务有生态工程建设、生态体制建设与生态文化建设<sup>[10]</sup>。

他提出了处理城市生态关系的生态控制论原理和共轭生态规划方法;并指出共轭生态规划是协调城市人与自然、资源与环境、生产与生活以及城市与乡村、外拓与内生之间共轭关系的复合生态系统规划,是平衡城市人与环境间开拓竞生、整合共生、循环再生、适应自生关系的规划,其核心理念是城市生态服务和生态建设。他还以北京总规修编的共轭生态规划为例,论述了城市九类共轭生态关系和北京共轭生态规划六个层次中的部分内容和方法<sup>[11]</sup>。

他阐明了城市生态管理目标与方法,指出城市生态管理旨在将单一的生物环节、物理环节、经济环节和社会环节组装成一个有强生命力的生态系统。方法是从技术革新、体制改革和行为诱导入手,调节系统的结构与功能,促进城市物质、能量、信息的高效利用。城市生态管理必须体现生态学“天人合一”的系统观,“道法天然”的自然观,“巧夺天工”的经济观和“以人为本”的人文观,推进整合、适应、循环、自生型的生态调控。城市生态管理是通过对城市生态资产、生态代谢和生态服务的管理,提升城市自然环境对经济社会发展的支撑能力,保障城市生态安全与可持续发展<sup>[12][13]</sup>。

同时,他还提出了生态安全、生态卫生、生态景观、生态代谢和生态文化五层次城市生态调控体系,成为国际城市生态建设的基本框架<sup>[14]</sup>。

[11] 王如松. 绿韵红脉的交响曲:城市共轭生态规划方法探讨. 城市规划学刊, 2008. (1): 8-17.

[12] 王如松, 李锋. 论城市生态管理. 中国城市林业, 2006. 4 (2): 8-413.

[13] 王如松, 等. 城市复合生态及生态空间管理. 生态学报, 2014. 34 (1): 1-11.

[14] 深圳商报. 生态城市建设的深圳宣言. 第五届国际生态城市大会, 深圳. 2002-08-12. <http://www.sina.com.cn>.

### 三、开拓我国产业生态学研究，为我国实施可持续发展战略 与生态文明建设的产业发展方向提供了科学基础

王如松先生是产业生态学研究的先行者，在国内率先开展生态学研究，他认为，“生态产业是一类按生态经济原理和知识经济规律组织起来的基于生态系统承载能力，具有完整的生命周期、高效的代谢过程及和谐的生态功能的网络型、进化型、复合型产业”<sup>[15]</sup>。它通过两个或两个以上的生产体系或环节之间的系统耦合，使物质、能量可多级利用、高效产出，资源环境可持续利用。

他还提出了生态产业设计的原则与方法，包括横向耦合、纵向闭合、区域耦合、社会整合、功能导向、结构柔化、能力组合、信息开放、人类生态等；并强调“社会整合”要求企业将社会的生产、流通、消费、回收、环境保育及能力建设功能融为一体，在提供生产功效的同时，培育一种新型的社区文化并提供正向的生态服务。“功能导向”要求企业对社会的服务功能而不是以产品或产值为经营目标，产品只是企业资产的一部分，通过其服务功能、社会信誉、更新程度的最优化来实现价值。“人类生态”要求劳动不只是一种成本，也是劳动者实现自身价值的一种享受。提高劳动生产率的结果是增加而不是减少就业机会，员工是产业过程自觉的设计者和调控者，而不是机器的奴隶。

他并提出了产业生态管理的主要途径，即面向产品环境管理的“生命周期评价”，面向绿色产品开发的“产品生态设计”，面向功能整合的“生态产业园规划”，面向生态产业开发的“生态产业孵化”，以及面向可持续发展的“生态管理”。

他进一步指出，从传统工业经济向以生态产业为基础的循环经济转型需要一场生产方式、消费模式和生态影响方式的产业生态革命，其理论基础是经济生态、人类生态、景观生态和复合生态。产业生态转型的实质是变产品经济为功能经济，变环境投入为生态产出，促进生态资产与经济资产、生态基础设施与生产基础设施、生态服务功能与社会服务功能的平衡

[15] 王如松，杨建新. 产业生态学和生态产业转型. 世界科技研究与发展, 2000. 22 (5): 24-32.

与协调发展<sup>[16]</sup>。

王如松先生还通过农业生态产业、工业生态产业、废弃物资源化生态产业的工程示范研究，将我国传统生态工程实践与现代产业技术结合，创造了肇东玉米生态产业模式、广汉城市垃圾综合管理模式、海南橡胶生态产业模式等<sup>[17][18]</sup>。

王如松先生在生态产业领域的开拓性工作，不仅推动了我国产业生态学的发展，还为我国环境保护从末端污染治理走向复合生态建设提供了系统方法和技术支撑，为我国实施可持续发展与生态文明建设指明的产业发展方向。

#### 四、创建可持续发展生态建设模式，奠定了生态文明建设的科学基础

自1987年起，王如松先生主持开展了我国第一个生态县、第一个生态省和首批生态市的系统研究，通过大丰、马鞍山、扬州、日照、海南等地的实践，创建了不同层次政区生态建设模式和调控方法。

王如松先生主持大丰生态县规划和建设研究，建成以生态农业为基础的规模化农业循环经济、链网型生态工业、生态社区和能力建设体系。在全国生态县规划与建设中得到推广和应用。他主持扬州生态市规划与管理研究，开展生态产业、生态景观和生态文化三大领域多层次的生态建设研究，成为我国地级生态市建设的典范。他主持海南生态省规划与建设研究，与省政府合作编制的海南生态省建设规划，在全省实施并取得实质性进展，所创建的发展生态产业、建设宜居环境和培育生态文化的生态省建设模式在全国推广，并认为是我国“实施生态文明战略的最佳模式”。这些生态省、市、县的规划方法和建设模式已在全国得到广泛应用和推广，在国家生态文明建设奠定了科学基础与社会基础。

王如松先生在国内率先开展生态文明建设研究，提出了生态文明的内涵与建设途径，为国家确立生态文明战略奠定了科学基础。他强调生态文

[16] 王如松. 循环经济建设的产业生态学方法. 产业与环境, 2003. (增刊): 48-52.

[17] 王如松, 等. 城市生活垃圾处理利用生态工程技术. 农村生态环境, 1999. 15 (3): 1-5.

[18] 王如松, 蒋菊生. 从生态农业到生态产业——论中国农业的生态转型. 中国农业科技导报, 2001. 3 (5): 7-12.

明是物质文明、精神文明与政治文明在自然与社会生态关系上的具体表现，是天—人关系的文明，涉及认知文明、体制文明、物态文明和心态文明。认知文明是指人类对在认识自然、改造环境、管理社会、品味生态过程中积累的知识、技术、经验和方法，包括生态哲学、生态科学、生态工学和生态美学。尤其强调生态美学在生态文明建设中的意义，生态学和美学的结合点在于人与自然关系的和谐，是对人类理性的必然性和功利性的挑战和超越。体制文明是指建立有利于协调人与自然关系的制度、政策、法规、机构与管理机制。物态文明是人类改造自然、适应环境的物质生产方式、生活方式及消费行为，以及有关自然和人文生态关系的物质产品的发展态势。心态文明是人对待和处理其自然生态和人文生态关系的精神境界、价值观和伦理观<sup>[19][20]</sup>。

他运用复合生态系统理论，系统地阐述了生态文明建设五位一体的生态整合方法。生态文明融入经济建设，就是要处理好经济建设中生产、流通、消费、还原、调控活动与资源、市场、环境、政策和科技的生态关系，将传统单目标的物态经济转为生态经济、利润经济转为福祉经济，促进生产方式和消费模式的根本转变。生态文明融入政治建设，就是要处理好制度建设眼前和长远、局部和整体、效率与公平、分割与整合的生态关系，促进区域与区域、城市与乡村、社会与经济、绿韵与红脉的统筹，强化和完善生态物业管理、生态占用补偿、生态绩效问责、生态控制性详规和战略环境影响评价等法规政策。生态文明融入文化建设，就是要处理好价值观念、思想境界、道德情操、精神信仰、行为规范、生活方式、风俗习惯、学术思想、文学艺术、科学技术等领域人与自然、人与人以及局部与整体的认知文明和心态文明问题，引导生态文化的传承与创新、人与自然关系的功利、道德、信仰和天地境界的健康发展。生态文明融入社会建设，就是要处理好城乡建设中自然生态涵养、生态基础设施保障、人居生态建设和社会生态服务的系统关系，通过复合污染防治、清洁生产管理、产业生态建设、生态政区建设和生态文明品质提升一体化的规划、建设与管理，强化生态基础设施建设、推进生态服务功能的完善和城乡环境的净化、绿

[19] 王如松，林顺坤，欧阳志云. 海南生态省建设的理论与实践. 2004. 北京：化学工业出版社.

[20] 王如松. 略论生态文明建设. 光明日报, 2008-04-20.

化、活化和美化，建设融形态美、神态美、机制美、体制美和心灵美于一体的美丽家园<sup>[21]</sup>。

王如松先生治学严谨、学风正派、潜心科研，锐意创新，主持完成多项城市生态领域的国家重点、重大科技攻关项目和重要国际合作项目。他创建了中国科学院系统生态开放实验室，为城市与区域生态国家重点实验室的建设与发展奠定了坚实的基础。

王如松先生是我国自己培养的第一位生态学博士，于2011年当选中国工程院院士。他在国内外发表学术论文360多篇，论著、译著、编著40多部，培养硕士、博士60余人。担任《生态学报》主编、《城市环境与城市生态》副主编以及其他生态学、环境科学10余个国内外重要期刊的编委。王如松先生获国家科技进步奖二等奖2次、省部级科技奖12次。获得国际人类生态学会授予的“国际人类生态学突出贡献奖”、国务院颁发的“在科学技术事业中做出突出贡献的政府特殊津贴”“全国优秀科技工作者”、国务院学位委员会授予的“做出突出贡献的中国博士学位获得者”等10余项国际与国家级荣誉称号。他当选全国人大第十届、十一届和十二届代表，中国农工民主党第十三届和十四届中央委员会委员，北京市政协第九届和第十届委员，北京市人民政府参事等。由于他在系统生态、城市生态、生态工程与可持续发展科学领域的杰出贡献，先后当选中国生态学会理事长、国际科联环境问题科学委员会执委、第一副主席，国际人类生态学会副主席，国际生态城市建设理事会副主席、东亚生态学会主席、国际生态学会和国际生态工程学会执委等学术职务。王如松先生为生态学和环境科学的发展做出了卓越贡献，是享誉世界的生态学家。

王如松先生热爱祖国，具有强烈的使命感。在担任全国人大代表与北京市政协委员期间，完成有关生态文明建设、生态环境保护和生态建设的优秀提案共20余个，为推动我国可持续发展与生态文明建设发挥了重要作用。

王如松先生学术思想博大精深，尽管本人师从王如松先生20多年，文集集中的许多学术思想与论文有幸在第一时间聆听与学习，但再次重新编辑

[21] 王如松. 生态整合与文明发展. 生态学报, 2013. 33 (1): 1-11.

学习经典文献，仍为王如松先生论文中充满深邃的生态智慧、深厚的文化修养、富于科学远见的学术创新所折服，更敬佩论文中字里行间所洋溢的爱国、爱民、爱科学的情怀。限于本人的生态学修养与才识，此前言仅仅是对王如松先生学术思想、学术贡献和精神风范的管中窥豹，希望此前言能为有志于生态学、城市生态、产业生态、可持续发展与生态文明建设及相关领域的读者进一步学习王如松先生的原文与原著有所帮助。

欧阳志云

2017年2月

# 目 录

## 前言

## 第一篇 复合生态系统

社会-经济-自然复合生态系统 .....	3
PAN-OBJECTIVE ECOLOGICAL PROGRAMMING (POEP)—APPLICATION OF MATHEMATICAL PROGRAMMING TO ECOLOGICAL RESEARCH .....	12
再生、共生、自生——生态调控三原则与持续发展 .....	21
生态县的科学内涵及其指标体系 .....	26
生态整合——人类可持续发展的科学方法 .....	33
社会发展综合实验区生态建设及科技引导途径 .....	55
论复合生态系统与生态示范区 .....	60
生态健康的科学内涵和系统调理方法 .....	68
生态环境内涵的回顾与思考 .....	76
生态政区规划与建设的冷思考 .....	81
生态政区建设的系统框架 .....	89
世界生态高峰会与全球高峰生态学 .....	95
UNDERSTANDING ECO-COMPLEXITY: SOCIAL-ECONOMIC-NATURAL COMPLEX ECOSYSTEM APPROACH .....	100
社会-经济-自然复合生态系统与可持续发展 .....	131

## 第二篇 城市生态

生态库原理及其在城市生态学研究中的作用 .....	145
城市生态位势探讨 .....	152
走向生态城——城市生态学及其发展策略 .....	158
现代化的挑战——中国大陆都市发展的人类生态过程及对策分析 .....	173
城镇可持续发展的生态学方法 .....	180
转型期城市生态学前沿研究进展 .....	187

---

---

系统化、自然化、经济化、人性化——城市人居环境规划方法的生态转型 .....	202
北京景观生态建设的问题与模式 .....	210
以五个统筹力度综合规划首都生态交通 .....	222
生态安全·生态经济·生态城市 .....	226
绿韵红脉的交响曲：城市共轭生态规划方法探讨 .....	235
ECO-SERVICE ENHANCEMENT IN PERI-URBAN AREA OF COAL MINING CITY OF HUAIBEI IN EAST CHINA .....	253
CONJUGATE ECOPOLIS PLANNING BALANCING ECOSERVICE AND HUMAN WELL-BEING IN BEIJING .....	264
城市生态与生态人居建设 .....	284
浅议我国区域和城乡生态建设中的几个问题 .....	290

### 第三篇 产业生态与生态工程

边缘效应及其在经济生态学中的应用 .....	297
产业生态学和生态产业转型 .....	304
从生态农业到生态产业——论中国农业的生态转型 .....	318
循环经济建设的产业生态学方法 .....	328
发展循环经济的“六个误区” .....	336
循环经济建设的生态误区、整合途径和潜势产业辨析 .....	339
INTEGRATING HARDWARE, SOFTWARE AND MINDWARE FOR SUSTAINABLE ECOSYSTEM DEVELOPMENT: PRINCIPLES AND METHODS OF ECOLOGICAL ENGINEERING IN CHINA .....	354
ECOLOGICAL ENGINEERING: A PROMISING APPROACH TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN DEVELOPING COUNTRIES .....	367
城市生活垃圾处理利用生态工程技术 .....	382
中国生态卫生建设的潜力、挑战与对策 .....	389

### 第四篇 生态文明与生态管理

从物质文明到生态文明——人类社会可持续发展的生态学 .....	403
从农业文明到生态文明——转型期农村可持续发展的生态学方法 .....	423
和谐社会的生态文化基础与培育途径 .....	431

弘扬生态文明 深化学科建设 .....	436
生态文明与绿色北京的科学内涵和建设方略 .....	453
生态文明建设的控制论机理、认识误区与融贯路径 .....	457
生态整合与文明发展 .....	467
资源、环境与产业转型的复合生态管理 .....	483
论城市生态管理 .....	495
对我国生态安全的若干科学思考 .....	503
城市复合生态及生态空间管理 .....	511
基于复合生态功能的城市土地共轭生态管理 .....	527

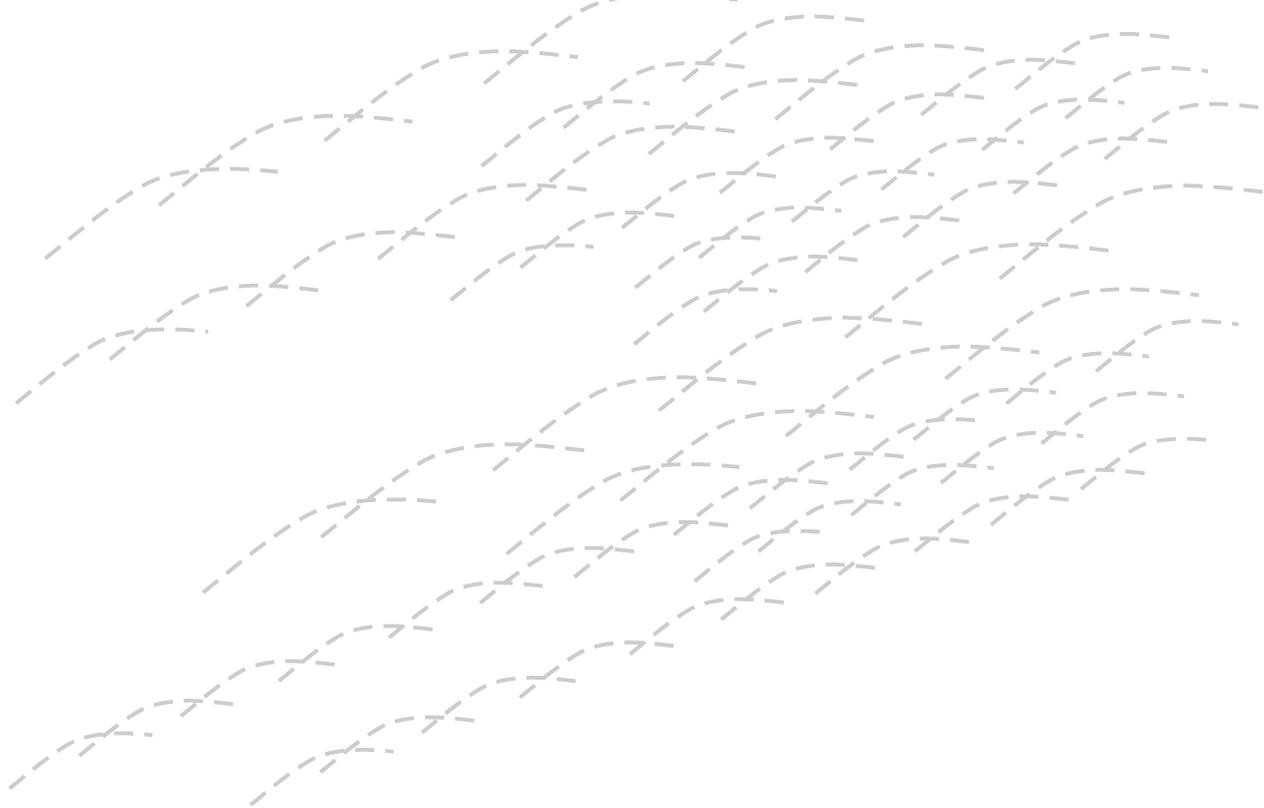
## 第五篇 媒体采访及撰文

城市生态转型与生态城市建设 .....	537
土地管理如何走出“一松就乱，一紧就死”的怪圈 .....	539
北京应向“生态交通”方向发展 .....	541
解决环境问题不可忽视社区力量 .....	544
循环经济：认识误区与整合途径 .....	545
略论生态文明建设 .....	550
城市生态文明的科学内涵与建设指标 .....	554
环保局长之痛：闯不过去的“两重门” .....	559
保护生态要引入市场力量 .....	561
新型城镇化生态要优先 .....	563
用生态品质构筑宜居生活 .....	566
让绿韵与红脉和谐共生 .....	569
绿色奥运生态是本必先行 .....	572
建议在4万亿投资中出台优惠政策建设十大生态服务平台 .....	574
节能减排重在整个生态系统 .....	576
像抓经济一样经营生态健康 .....	577
在科学轨道上建设生态文明 .....	579
生态文明渐行渐近 .....	583
以战略环评促进又好又快发展 .....	586
关注生态健康 .....	588

## 附 件

年谱 .....	593
发表专著和论文目录 .....	603
培养研究生以及博士后名单 .....	629

## 编 后 语



# 第一篇

## 复合生态系统



# 社会-经济-自然复合生态系统\*

马世骏 王如松

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

**摘要** 当代若干重大社会问题, 都直接或间接关系到社会体制、经济发展状况以及人类赖以生存的自然环境。社会、经济和自然是三个不同性质的系统, 但其各自的生存和发展都受其他系统结构、功能的制约, 必须当成一个复合系统来考虑, 我们称其为社会-经济-自然复合生态系统。本文分析了该复合系统的生态特征, 提出了衡量该复合系统的三个指标: ①自然系统的合理性; ②经济系统的利润; ③社会系统的效益。指出复合生态系统的研究是一个多目标决策过程, 应在经济生态学原则的指导下拟定具体的社会目标, 经济目标和生态目标, 使系统的综合效益最高, 风险最小, 存活机会最大。文中还提出了一些复合生态系统的研究方向和具体决策步骤, 最后给出了三个复合系统的事例。

生态学理论被认为是人类寻求解决当代重大社会问题的科学基础之一。在当代若干重大社会问题中, 无论是粮食、能源、人口还是工业建设所需要的自然资源及其相应的环境问题, 都直接或间接关系到社会体制、经济发展状况以及人类赖以生存的自然环境。近年来, 随着城市化的发展, 城市与郊区环境的协调问题亦相应突出。虽然社会、经济和自然是三个不同性质的系统, 都有各自的结构、功能及其发展规律, 但它们各自的存在和发展, 又受其他系统结构、功能的制约。此类复杂问题显然不能只单一地看成是社会问题、经济问题或自然生态学问题, 而是若干系统相结合的复杂问题, 我们称其为社会-经济-自然复合生态系统问题(马世骏, 1981)。

从复合生态系统的观点出发, 研究各亚系统之间纵横交错的相互关系: 其间物质、能量、信息的变动规律, 其效益、风险和机会之间的动态关系, 应是一切社会、经济、生态学工作者以及规划、管理、决策部门的工作人员所面临的共同任务, 也是解决当代重大社会问题的关键所在。

## 一、复合生态系统的特征

组成此复合系统的三个系统, 均有各自的特性。社会系统受人口、政策及社会结构的制约, 文化、科学水平和传统习惯都是分析社会组织和人类活动相互关系必须考虑的因素。价值高低通常是衡量经济系统结构与功能适宜与否的指标。在计划经济体系内, 物质的输入输出, 产品的供需平衡, 以及影响扩大再生产的资金积累速率与利润, 则是分析经济经营水平的依据。自然界为人类生产提供的资源, 随着科学技术的

---

\* 原载于: 生态学报, 1984, 4 (1): 1-9.

进步，在量与质方面，将不断有所扩大，但它是有限度的。矿产资源属于非再生资源，不可能永续利用。生物资源是再生资源，但在提高周转率和大量繁殖中，亦受到时空因素及开发方式的限制。生态学的基本规律要求系统在结构上要协调，在功能方面要在平衡基础上进行循环不已的代谢与再生。违背生态工艺的生产管理方式将给自然环境造成严重的负担和损害。

再则，稳定的经济发展需要持续的自然资源供给、良好的工作环境和不断的技术更新。大规模的经济活动必须通过高效的社会组织，合理的社会政策，方能取得相应的经济效果；反过来，经济振兴必然促进社会发展，增加积累，提高人类的物质和精神生活水平，促进社会对自然环境的保育和改善。自然社会与人类社会的此种互为因果的制约与互补关系，如图 1 所示。

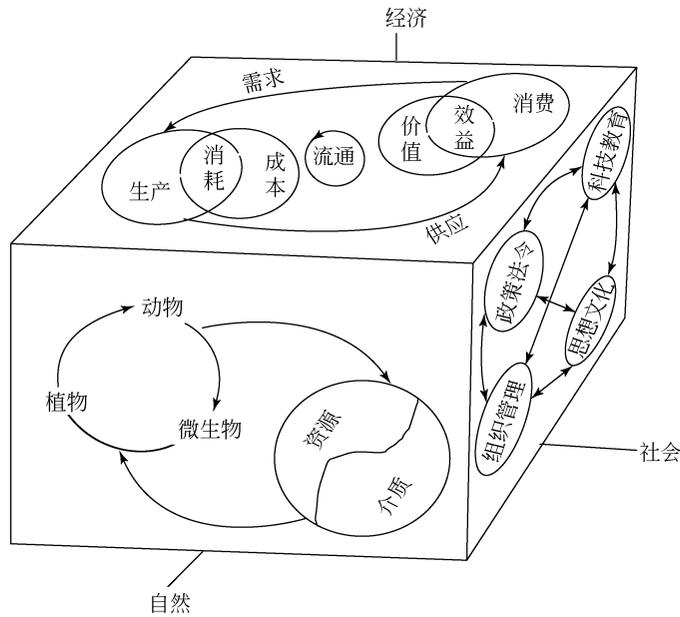


图 1 社会-经济-自然复合生态系统示意图

人类社会的经济活动，涉及生产与加工、运输及供销。生产与加工所需的物质与能源仰赖自然环境供给，消费的剩余物质又还给自然界。通过自然环境中物理的、化学的与生物的再生过程，供给人类生产需要。人类生产与加工的产品数量受自然资源可能提供的数量的制约。此类产品数量是否能满足人类社会需要，做到供需平衡，而取得一定的经济效益，则决定于生产过程和消费过程的成本、有效性及利用率。显然，在此种循环不已的动态过程中，科学技术将发挥重要作用。因此，在成本核算和产品价值方面通常把科技投资及环境效益亦计算在内。

在此类复合系统中，最活跃的积极因素是人，最强烈的破坏因素也是人。因而它是一类特殊的人工生态系统，兼有复杂的社会属性和自然属性两方面的内容：一方面，人是社会经济活动的主人，以其特有的文明和智慧驱使大自然为自己服务，使其物质文化生活水平以正反馈为特征持续上升；另一方面，人毕竟属大自然的一员，其一切宏观性质的活动，都不能违背自然生态系统的基本规律，都受到自然条件的负反馈约

束和调节。这两种力量间的基本冲突，正是复合生态系统的一个最基本特征。

## 二、衡量复合系统的指标

复合系统由相互制约的三个系统构成，因此，衡量此系统的标准，首先看其是否具有明显的整体观点，把三个系统作为亚系统来处理。这就要求：

(1) 社会科学和自然科学各个领域的学者打破学科界限，紧密配合，协同作战。未来的系统生态学家，应是既熟悉自然科学，又接受社会科学训练的多面手。

(2) 着眼于系统组分间关系的综合，而非组分细节的分析，重在探索系统的功能、趋势，而不仅在其数量的增长。

(3) 冲出传统的因果链关系和单目标决策办法的约束，进行多目标、多属性的决策分析。

(4) 针对系统中大量存在的不确定性因素，以及完备数据取得的艰巨性，需要突破决定性数学及统计数学的传统方法，采用宏观与微观相结合，确定性与模糊性相结合的方法开展研究。

一般来说，复合生态系统的研究是一个多维决策过程，是对系统组织性、相关性、有序性、目的性的综合评判、规划和协调。其目标集是由三个亚系统的指标结合衡量的，即：

(1) 自然系统是否合理。看其是否合乎于自然界物质循环不已、相互补偿的规律，能否达到自然资源供给永续不断，以及人类生活与工作环境是否适宜与稳定。

(2) 经济系统是否有利。看其是消耗抑或发展，是亏损抑或盈利，是平衡发展抑或失调，是否达到预定的效益。

(3) 社会系统是否有效。考虑各种社会职能机构的社会效益，看其是否行之有效，并有利于全社会的繁荣昌盛。从现有的物质条件（包括短期内可发掘的潜力），科学技术水平，以及社会的需求进行衡量，看政策、管理、社会公益、道德风尚是否为社会所满意。

综合上述三个目标，不难看出复合系统的指标，就是在经济生态学原则的指导下，拟定具体的社会目标、经济目标和生态目标，使系统的综合效益  $B$  最高，导致危机的风险  $R$  最小，存活进化的机会  $O$  最大，用数学规划的语言表示，可以写成：

$$\begin{aligned} & \text{Max} \{ B(X, Y, Z), -R(X, Y, Z), O(X, Y, Z) \} \\ & \text{s. t. } G(X, Y, Z) \leq 0 \end{aligned}$$

式中， $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  分别表示社会变量，经济变量和环境变量（向量形式）。

约束条件集  $G$  受所研究的地区及所研究的时间范围内具体的社会、经济、自然条件及规划者的具体目标所约束，它可以是物质的（如人口、资金、能量、资源等），亦可以是信息的（如政策、科技、文教、满意程度等），但须通过一定的数量化方法转换成标准值。

图2说明设计总体经济发展规划的依据、目标及约束条件与计划、政策间的相互关系。在一定政策指导下进行规划时，要以科学技术水平和经营管理水平为基础，根据自然资源、环境质量和人口生活水平，确定社会、经济、生态三目标，统筹安排农

业、工业、能源和住房等建设项目及其进度。

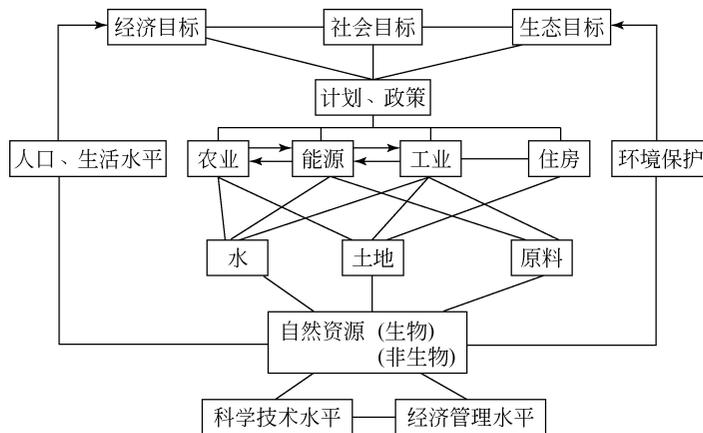


图2 计划经济有关因素相互关系示意图

### 三、复合系统的研究程序

尚待深入研究的问题及决策程序包括以下几个步骤：

#### 1. 拟定指标

根据所研究对象的范围（空间、时间、问题的侧重点等），现有的人力、物力、政策、资料和其他条件拟定初步方案，确立要达到的基本目标（社会目标、经济目标、生态目标）的初步设想及松弛范围。

#### 2. 本底调查

收集：①自然本底；②次生本底；③社会经济状况；④生态环境状况的资料。数据调查时要兼顾到社会生活的各个领域，要有基本的物理学类别（物质、能量、信息）、动态学类别（率变量、结构变量、时空动态）和控制论类别 [主动的、被动的、具阈限值的、不可控的、具有正（负）反馈趋势的等]，从一大堆庞杂的数据中去粗取精，去伪存真，抽象出与研究项目有关、信息量尽量大而数目又尽量小的变量集或关键因子集来。

#### 3. 系统分析及模拟

它包括建立模型、系统评价及决策分析等过程。模型是现实复杂系统的抽象、简化和模仿。模型通常有三类，即静态的描述性模型、动态的预测型模型及最优化的控制性模型。一般来说，构模过程一半是经验的思维、设计过程，一半是数学的模拟、调试过程，通过现实数据、基本理论和人的大脑之间不断的信息反馈，揭示出系统组分之间，以及各亚系统之间相互关系的基本规律。各亚系统之间的关系通常考虑以下几个方面：①土壤-植物-大气亚系统的物质循环；②资源开拓-经济发展-环境质量间的关系；③农业-工业-商业建设的协调比例；④生产-加工-消费的平衡系统；⑤废物回收-转化-再生数量的协调与分配等。

可以根据不同的系统评价目标，构造不同的模型。例如，影响指标模型（各变量

之间的相互作用强度,即哪些是起关键作用的变量,哪些是起缓冲作用的变量,哪些是专门影响其他组分的“源”变量,哪些是只受其他组分影响的“汇”变量等),流通量模型(各子系统间物质、能量的流动规律),系统负担模型(由于各子系统间不合理的流通量给生态系统带来的潜在压力和不可逆性变化等)、敏感性模型(对外部及内部各环节及参数变化的灵敏度和恢复平衡的能力)反馈关系模型(正、负反馈的作用方向、强度及优势度)等。通过对这些模型定性定量输出的分析,可以对复合系统的行为特征和发展趋势有一生物控制论的评价。

系统模型提供了系统状态的静态和动态表述,这给决策分析提供了基础和依据。决策分析的目的是向决策、规划和管理部门提供各种不同情况下社会-经济-自然生态系统的综合对策,使得社会效益、经济效益、生态效益最高,系统恶化的风险最小,存活进化的机会最大。并通过政策模拟试验和灵敏度分析,确定不同方案下各种对策的“满意度”(各种效益、机会的模拟值与容许值之差)及“后悔值”(各种损失、风险的模拟值与容许值之差),再结合规划、管理、决策部门的具体要求和偏向,选择一批满意度较高、后悔值较低的对策,并转换成经济生态学措施和管理决策的计算机软件包,作为制定政策的依据(图3)。

## 四、三个事例

### 1. 洪泽湖生产区

洪泽湖区是我国历史上水、旱、蝗三大自然灾害频繁发生的灾区,解决洪泽湖区蝗害必与水旱灾害同时考虑。以解决水旱工程设置为前提,稳定水旱面积的变化,把过去时涝时旱适合飞蝗繁殖的不稳定地带,改造成适合种植水旱作物的农田,杜绝飞蝗繁殖。将历年用于药杀飞蝗的费用,变为生产投资,提高当地人民生活水平,进一步发展水产、农业、芦苇及相应的加工工业,有计划地建立居民点及必要的生活及文化设施,提高人民的生活水平,进而有计划地完成洪泽县的社会建设(图4)(马世骏,1981)。

### 2. 工业城市建设规划:城市生态系统

城市作为人类经济和社会活动最集中的场所,是一类典型的社会-经济-自然复合生态系统。城市发展中最活跃的因素是工业生产和社会活动,它们决定了城市发展的模型。对于现代化城市的要求:①具有高效率的管理结构和畅通的物质运输系统,以便充分发挥城市的社会活动(政治、科技、文教等)中心和经济活动(工业、商业等)中心的作用,谋取高的社会经济效益;②充分满足居民的物质和文化生活需要,保持清洁,防止污染,为广大居民提供一个健康舒适的生活与工作环境。因此,一个理想城市不仅要有计划地发展工业,扩大绿地面积,还需要配置一定比例的郊区,协调城市物质供需及废物处理。

我国当前重要工商业城市的主要问题是:①人口拥挤,因而住宅紧张,交通拥挤,并出现社会基础设施不足等;②工业布局及工艺结构不合理,造成环境污染严重和工业扰民等情况;③能源、水等自然资源不足,形成城市经济-自然各系统之间严重失调。为了使此类城市的经济持续快速发展,并改善其社会自然环境,提高市民的人类

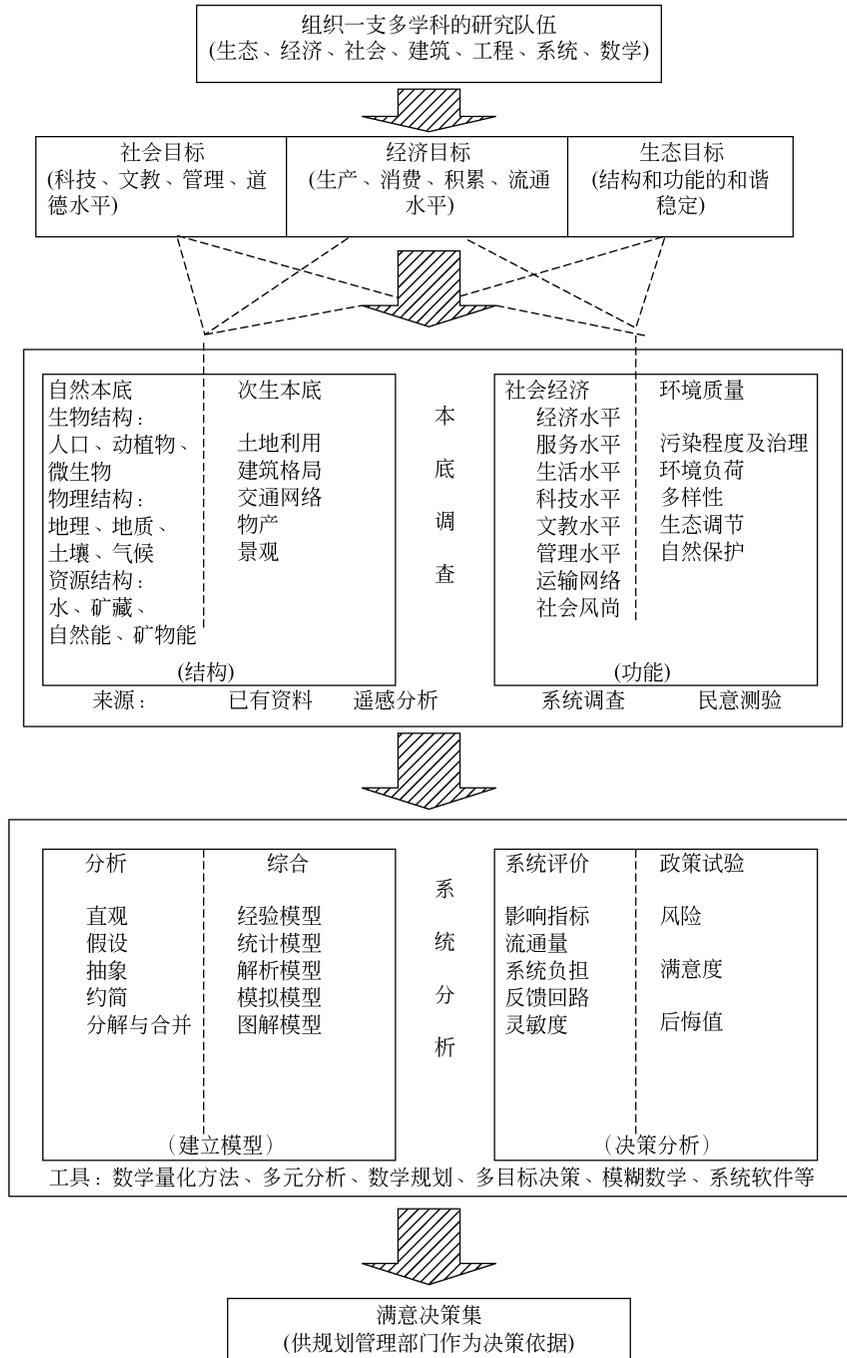


图3 社会-经济-自然复合生态系统研究过程示意图

生态学水平，需要一方面开拓远郊区和卫星城镇的新区建设，提高新区的经济生态吸引力，以适当疏散中心区超负荷的工业和人口；另一方面要认真改造旧区、通过关、迁、并、转等改造措施，调整工业布局，改革工艺流程，合理协调城郊比例以及绿化与建筑面积比例，能源、资源与经济发展的比例，内外物资供应、社会基础设施与人

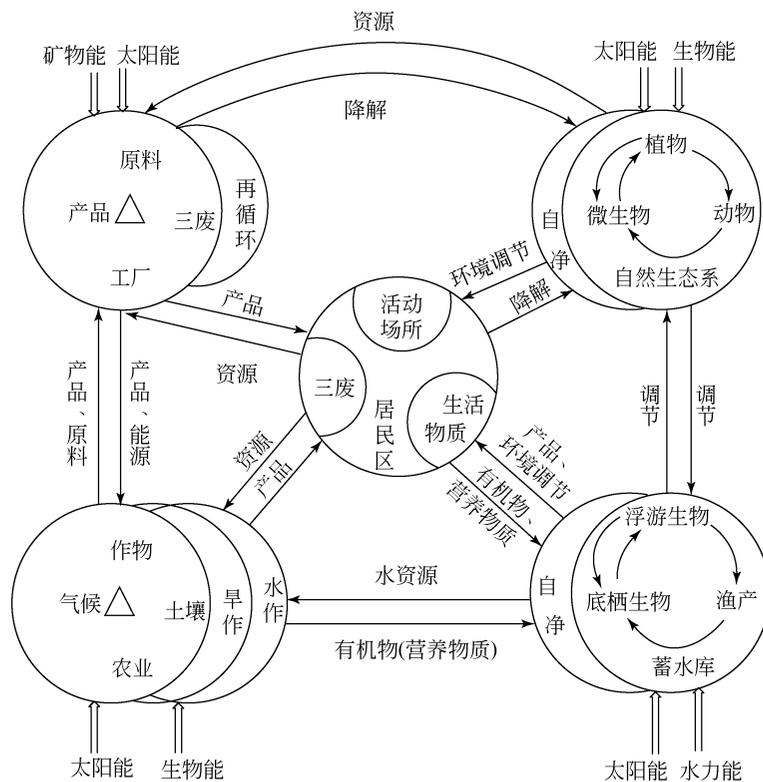


图4 洪泽湖区复合生态系统框图

口密度的比例。因此，需要大力开展综合性的社会-经济-自然复合生态系统研究，为此类工作提供科学依据（马世骏，1983）。

### 3. 区域建设规划

区域的划分应以综合自然地理区划为依据，并考虑原有的经济基础和可能发掘的资源潜力。以区域规划为基础的国土整治和区域建设，是科学地利用自然资源和发挥地区生态地理优势的必然趋势。它不仅在环境复杂的丘陵地带如此，在平原区亦应如此安排，方能保护土地等农业资源和保持良好的生态环境。在此基础上提高居民经济效益，建立良好的社会工作环境。区域建设的基本原则，是以区域为整体，因地制宜安排工业、农业及城市布局，使整个区域互相调节物质供需，构成一个范围更大的社会-经济-自然复合生态系统。我国建设项目中确定的京-津-唐建设，上海经济区等都属于此种类型。在此等区域内不仅有稠密人口的城市群、农业区，还拥有工（矿）业基地，如何规划得合理，必须同时考虑社会、经济与生态三方面的效益。Jansson 等（1978）对瑞典 Gotland 岛经济、生态关系的研究即是这类区域性研究的一个成功例子。

图5是一个区域经济发展的实例。该图代表一个以农业生产为主体的区域规划设计，它以人口为目标，根据人口确定居民生产、生活所需能量、水量。增加生产后，相应扩大以农产品为原料的加工工业。在工农业发展的同时，必须安排能量和水量的协调使用，以保持供需平衡及环境质量。

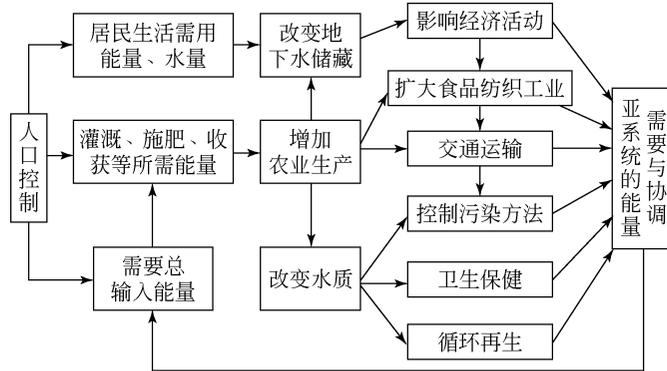


图5 区域能量、水质和经济发展的相互关系示意图

### 参考文献

马世骏 . 1981. 生态规律在环境中的作用 . 环境科学学报, 1 (1): 95-100.  
 马世骏 . 1983. 经济生态学原则在工农业建设中的应用 . 生态学报, 3 (1): 1-4.  
 Jansson A M, Zucchetto J. 1978. Energy, economic and ecological relationships for Gotland, Sweden, a regional systems study, Ecol. Bull, 28: 154.

## THE SOCIAL-ECONOMIC-NATURAL COMPLEX ECOSYSTEM

Ma Shijun Wang Rusong

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

Ecological theory has been considered as one of the scientific bases for solving the major social problems of the day looming large over the world. Among the major social problems, food, energy source, human population, and natural resources required in the industrial construction and its relevant environment are all concerned directly or indirectly with social organization, economic situation, and natural environment on which man relies. The problem how to coordinate the environments of urban areas and their surroundings is now more prominent with the rapid growth of urbanization in recent years. The social, economic and natural systems are different in their characters and have their own structures, functions and developmental rules, but the existence and development of each of them are conditioned by the structures and functions of the others, so it is obvious that the above complex problems can be regarded as neither social nor economic ones separately, but as ones of the social-economic-natural complex ecosystem. This complex system has become a form commonly present in man's economic society.

It should be a common task for all of sociologists, economists, ecologists, urban planners, managers and policy makers, and also a key to the major social problems of the day to study the crisscross relationships between these subsystems; the process of changes in the materials, energy and information between them; the tendency of their past, present and future succession; and the dynamic relationships between their benefit, risk and opportunity.