

第11章 土地可持续利用

- 第一节 可持续发展原理
- 第二节 资源环境承载力
- 第三节 中国土地的可持续利用

第一节 可持续发展理论概述

- 一、可持续发展理论的形成过程
- 第一阶段，**萌芽阶段**（**20世纪 50~60年代**）
 - 卡逊《寂静的春天》（1962），以环保为基本内容的可持续发展理论萌芽。
- 第二阶段，**形成阶段**（**20世纪 70年代**）
 - 麦多斯《增长的极限》（1971），联合国《人类环境宣言》（1972），世界自然保护同盟《世界自然保护大纲》（1980）
- 第三阶段，**发展与完善阶段**（**20世纪 80年代**）
 - 世界环境与发展委员会（WCED, 1983）《我们共同的未来》（Our Common Future, 1987）
- 第四阶段，**实践阶段**（自**20世纪 90年代**开始）
 - 联合国《21世纪议程行动计划》（1992）通过政府实现可持续



- 1962年在美国问世时，很有争议，标志着人类首次关注环境问题。它那惊世骇俗的关于农药危害人类环境的预言，不仅受到与之利害攸关的生产与经济部门的猛烈抨击，而且也强烈震撼了社会广大民众。这本里程碑式的警世之作开启了人类环保事业，同时也引发了旷日持久的“反《寂静的春天》运动”。
- 促使环境保护问题提到各国政府面前，各种环境保护组织纷纷成立。促使联合国1972年6月12日在斯德哥尔摩召开“人类环境大会”，签署“人类环境宣言”，开始了环境保护事业。
- 中国的环境保护事业也是从停止沙城农药厂的DDT生产开始的，而后全面禁止了DDT的生产和使用。

二、可持续发展的定义和特点

- 1.侧重于自然的可持续发展定义
- “持续性”一词首先是由生态学家提出来的，即所谓“生态持续性”（**Ecological Sustainability**）。
- 意在说明自然资源与其开发利用程度间的平衡，以满足社会经济发展所带来的对生态环境资源不断增长的需求。

可持续发展的定义和特点

- 1991年 11月，国际生态学联合会（ INTECOL） 和国际生物科学联合会（ IUBS） 联合举行了关于可持续发展问题的专题研讨会 。该研讨会的成果发展并深化了可持续发展概念的自然属性，将可持续发展定义为：“保护和加强环境系统的生产和更新能力”，其含义为可持续发展是不超越环境系统更新能力的发展 。

2.侧重于社会方面的定义

- 1991年，由世界自然保护同盟 (INCN)、联合国环境规划署 (UNEP) 和世界野生生物基金会 (WWF) 共同发表“保护地球 —— 可持续生存战略”(Caring for the Earth, A Strategy for Sustainable Living)，将可持续发展定义为“在生存于不超出维持生态系统涵容能力之情况下，改善人类的生活品质”，并提出了人类可持续生存的九条基本原则。

3.侧重于经济方面的定义

- 爱德华·B·巴比尔（Edvard B, Barbier）在其著作《经济、自然资源：不足和发展》中，把可持续发展定义为：“在保持自然资源的质量及其所提供服务的前提下，使经济发展的净利益增加到最大限度”。
- 皮尔斯（D, Pearce）认为：“可持续发展是今天的使用不应减少未来的实际收入”。
- “当发展能够保持当代人的福利增加时，也不会使后代的福利减少”。

4.侧重于科技方面的定义

- 斯帕思（James Gustare Spath）认为：“可持续发展就是转向更清洁，更有效的技术——尽可能接近‘零排放’或‘密封式’，工艺方法——尽可能减少能源和其他自然资源的消耗”。

5. 综合性定义

- 《我们共同的未来》中将“可持续发展”定义为：“既满足当代人的需求，又不对后代人满足其自身需求的能力构成危害的发展”。
- 与此定义相近的还有江泽民同志的定义：“所谓可持续发展，就是既要考虑当前发展的需要，又要考虑未来发展的需要，不要以牺牲后代人的利益为代价来满足当代人的利益”。

5.综合性定义

- 1989年，联合国环境发展会议（**UNEP**）通过了“关于可持续发展的声明”，认为可持续发展的定义和战略主要包括 4个方面的含义：
- （1）走向国家和国际平等。
- （2）要有一种支援性的国际经济环境。
- （3）维护、合理使用并提高自然资源基础。
- （4）在发展计划 and 政策中纳入对环境的关注和考虑。

5.综合性定义

- 可持续发展就是建立在社会、经济、人口、资源、环境相互协调和共同发展的基础上的一种发展，其宗旨是既能相对满足当代人的需求，又不能对后代人的发展构成危害。
- 可持续发展具有以下**基本特点**：
 - （1）以经济增长为前提。
 - （2）以保护自然为基础。
 - （3）以改善和提高人类的生活质量为目的。

三、可持续发展理论的内涵

- 可持续发展理论的内涵很丰富：
- （1）发展与可持续的统一
- （2）意味社会的整体变革
- （3）主要是经济发展、社会进步
- （4）自然资源高效与永续利用是基础
- （5）自然生态环境是人类生存发展的基础
- （6）控制人口增长，提高质量，改善结构
- （7）消除贫困
- （8）坚持全局观念，全人类的发展
- （9）区际协调、代际协调

四、可持续发展的理论依据

- （一）资源稀缺论
- （二）效率利用论（Neo-classical Economic Principles）
- （三）极限增长论（Resource Limits and Sustainable Society）
- （四）可持续发展的能力建设论（Capacity Building for Sustainable development）
- （五）绿色发展论（Green Development）

资源稀缺论

■ 1.绝对稀缺论（absolute resource scarcity）

- 又称马尔萨斯资源绝对稀缺模式：无论是资源物理数量的有限还是经济上的稀缺，都是必然存在的，而且是绝对的。不因技术进步和社会发展改变

■ 2.相对稀缺论（relative resource scarcity）

- 李嘉图：肥力较高土地资源和品位较高矿产资源等自然资源数量相对稀缺，是经济分析的出发点。资源的相对稀缺不构成对经济发展的不可逾越的制约。

■ 3.静态经济理论（stationary economy）

- 约翰·穆勒：自然环境、人口和财富均应保持在一个静止稳定的水平，这一水平要远离自然资源的极限水平，以防止出现食物缺乏和自然美的大量消失。第一次包含了为子孙后代着想的经济发展模式。

■ 4.自然和谐论（natural harmony）

- 管仲、孟轲
- 乔治·马什《人与自然》：将自然视为一个整体；自然界自身有着稳定性和逆抗性特征；人类活动对自然带来破坏性；人类作用于自然的不明智活动破坏了自然均衡状态；主张重建和谐，顺从自然。

效率利用论

- 由于自然资源的稀缺，需要考察其配置效率，使稀缺资源的利用取得最大的收益。
- 新古典经济学强调资源利用边际水平上的成本与效益，实现市场优化配置。
- 霍特林对不可再生资源的经济理论分析结论，被称为霍特林规则（可枯竭资源经济学的基本原理）

极限增长论

- 从资源静态的、物理量限来论证经济发展的极限。
- 物理量限的根本在于地球的有限特征：一是总量，二是通量。总量指地球上环境与自然资源的总存量；通量指社会经济体系中的资源流通量，即自然资源的开采、利用量应受到自然恢复、更新速率的极限制约。
- 代表：罗马俱乐部，D. 麦多斯等
- 《增长的极限》（1972）：从人口增长、粮食供应、资本投入、资源耗竭和环境污染等重大问题出发，提出如果按照目前的人口和资本的快速增长模式继续下去，在2100年到来之前人类应付面临一场“灾难性的崩溃”。认为避免这场劫难的最好方法是限制增长，即“零增长”。引起全世界关注经济增长与环境、资源的关系问题。

可持续发展的能力建设论

- 能力建设：人类有能力使经济持续发展下去。
- 充裕的能力会促进和保护可持续发展。缺乏技术、科学和管理的能力，对自然资源、环境与发展带来的后果是综合性的，其主要表现为：
 - （1）资源浪费与滥用
 - （2）贫困
 - （3）难以逆转的环境恶化。
- 人类还要保护人类的未来和地球上其他生命的价值体系。

绿色发展论

- 是对现代发展方式或现代化方式的批判性再认识，描述了一般意义上的可持续发展或生态发展。
- 相对于蓝色（资本主义）和红色（社会主义）而言的一种思维方式和发展模式，或者说是一种社会体制的转型。
- 核心是生态平衡原则。较之于持续发展，它在概念上更抽象。

五、可持续发展的原则

■ 公平原则

- 指机会选择的平等性，包括：本代人的公平即代内之间的横向公平，代际间的公平即世代的纵向公平

■ 持续性原则

- 资源与环境是人类生存与发展的基础条件，资源的永续利用和生态环境的可持续性是可持续发展的重要保证。调整生活方式在生态可能范围内消耗；通过认识掌握规律理性抉择发展

■ 共同性原则

- 全球共同配合，相互尊重，共同发展

六、中国可持续发展战略

- （一）中国**21**世纪议程
- **1994**年中国政府正式批准《中国**21**世纪议程——中国**21**世纪人口、环境与发展白皮书》，从中国的具体国情和环境与发展的总体出发，提出了促进经济、社会、资源、环境以及人口、教育相互协调、可持续发展的总体战略和政策措施方案。

（二）中国可持续发展的指导思想和原则

- 1.指导思想
- 2003年7月国家发改委发布《中国**21**世纪初可持续发展行动纲要》，总结了**10**年来中国实施可持续发展的成就与问题，提出了可持续发展的指导思想、目标与原则，规定了可持续发展的重点领域，提出了实现可持续发展目标的保障措施。
- 2012年国家发改委、外交部、科技部、财政部和环保部发布《**2012**中华人民共和国可持续发展国家报告》，重点总结**2001**年以来中国实施可持续发展战略付出的努力和取得的进展，分析存在的差距和面临的挑战，明确提出今后的战略举措。

指导思想

- 我国实施可持续发展的指导思想是：坚持以人为本，以人与自然和谐为主线，以经济发展为核心，以提高人民群众生活质量为根本出发点，以科技和体制创新为突破口，坚持不懈地全面推进经济社会与人口、资源和生态环境的协调，不断提高我国的综合国力和竞争力，为实现第三步战略目标奠定坚实的基础。

2.基本原则

- 持续发展、重视协调的原则
- 科教兴国、不断创新的原则
- 政府调控、市场调节的原则
- 积极参与、广泛合作的原则
- 重点突破、全面推进的原则

①以经济建设为中心，在推进经济发展的过程中，促进人与自然的和谐，重视解决人口、资源和环境问题，坚持经济、社会与生态环境的持续协调发展。

第二节 资源环境承载力

- 一、承载力的概念与发展
- 二、资源环境承载力研究概况
- 三、资源环境承载力研究进展
- 四、资源环境承载力研究方法

第二节 资源环境承载力

- 一、承载力的概念与发展
- 承载力（Carrying Capacity）原指物体在不产生任何破坏时所能承受的最大负荷，可通过实验或经验公式方法进行度量。
- 此后，承载力的概念逐渐被引入生物学和区域系统研究中，分别指某一生境（habitat）所能支持的某一物种的**最大数量**和区域系统对外部环境变化的**最大承受能力**。

二、资源环境承载力研究概况

- 资源环境承载力的研究主题首先是自然资源。
- **资源承载力**：是指在可以预见的期间内，利用本地能源及其他自然资源和智力、技术等条件，在保证符合其社会文化准则的物质生活水平下，一个国家或地区所能持续供养的人口数量。（UNESCO）
- 与可持续发展研究相适应，资源环境承载力研究由单一的土地资源、水资源承载力研究发展到资源、环境、生态乃至资源环境承载力综合研究。

（一）土地资源承载力

- 1921 年帕克等首次提出了土地承载力概念，由此，土地资源承载力成为承载力研究中较早开始且最为成熟的研究领域。
- 1949 年，美国学者 William 提出了土地资源承载力的概念，认为土地的生产潜力决定了它能为人类提供饮食住所的能力。这种土地向人们提供粮食、衣着、住所的能力以及环境阻力对生物潜力限制的程度是土地资源承载力的主要内涵。

（一）土地资源承载力

- 1970 年以来，承载力研究以协调人地关系为中心：
- 1970年代初澳大利亚的土地资源承载力研究，
- 1977年FAO开展的发展中国家土地的潜在人口支持能力研究，
- 1980年代初UNESCO资助的基于ECCO模型的肯尼亚、毛里求斯、赞比亚等发展中国家资源承载力的研究等。
- 除土地资源承载力之外，与之并用的概念还有区域人口承载量、土地负载力、地域容量、地域潜力等。

- ◆ 受 **FAO** 影响，土地资源承载力也是中国开展最早且应用最广泛的资源环境承载力研究领域。
- ◆ **1986**年以前，中国的土地资源承载力研究以理论引进和方法探索为主，研究工作主要集中于农业生产潜力方面，任美鄂、竺可桢先生是中国承载力研究的先驱。
- ◆ 此后很多学者从不同角度对作物生产潜力进行了原创性的研究，在概念确定、机理分析和估算方法等方面做了大量工作，并采用各自的模型和方法对中国不同区域、不同作物的生产潜力进行了估算，还有部分学者从人口角度出发，综合考虑土地面积、农作物增产潜力和营养水平等对未来中国适宜人口规模进行了评估，这些都为以后开展的土地资源承载力研究奠定了科学基础。

- ◆ **1980-2000**年，三次大规模的土地资源承载力研究均以生态区作为研究单元，着重评估了中国土地资源承载力的总量、地域类型和空间格局，为后来的土地资源承载力研究奠定了理论与方法基础。
- ◆ 这一时期的研究在方法和标准上存在较大差异，相关研究成果难以互相利用并推广，且多注重承载力运算结果，对资源状况、平衡关系、生产过程的探讨有待深入，从而影响了研究的实用价值。

- ◆ **2000** 年以后，随着人口、资源、环境与发展矛盾的日益加剧，尽管土地资源承载力研究限于其综合性、横断性的特点，且在研究对象、方法、前提和条件等方面各有差异，导致研究结果难以验证和比较。
- ◆ 但总体而言土地资源承载力研究仍普遍被认为是认识土地、人口与食物之间关系和解决人口与资源、环境矛盾的主要途径。
- ◆ **目前**，“以多少土地、粮食，养活多少人口”仍是土地资源承载力研究的核心内容。
- ◆ 同时，**土地资源研究重心**正逐步由注重结果转向注重过程，在开放系统下，从区域资源、环境、生态与发展之间的关系出发进行实证分析成为土地资源承载力研究的重要发展方向。
- ◆ 技术方法层面亦有重要突破，借助**3S**技术等获取准确的资源空间信息并实现基础数据的空间化，提高了研究的科学性和精确程度。

1.土地人口承载力

1) 土地人口承载力的概念

- 也叫土地资源的人口承载潜力（或能力），是指一定面积土地的食物生产潜力所能供养的一定消费水平的人口数量。
- 多因素、多层次系统工程
- **核心：**维持人类生活所需要的粮食（包括饲料）的生产用地的潜力。
- **动态的、相对的** 温饱、小康、发达等不同生活水平下内涵不同
- 应追求经济发达水平下的土地可持续利用及人口承载力

2) 土地人口承载力研究的内容

(1) 土地生产潜力研究内容

- ① 作物的单产潜力研究
- ② 作物的适宜性评价
- ③ 种植业生产潜力评定
- ④ 畜禽业生产潜力估算

指土地能提供各种农副产品的潜在能力，即未来时间尺度内，在一定投入水平下土地资源的总生产潜力。

(2) 土地人口承载潜力研究内容

- ① 人口发展趋势预测
- ② 人口营养水平探讨
- ③ 食物总需求量估算
- ④ 土地的供给量与人口需求量的匹配
- ⑤ 对策

指一定时间尺度内，用于食品生产土地的各项产品所能养活的人口数量。

3) 土地人口承载力研究的方法

- 农业生态区法、德尔菲法、趋势外推法、多元回归分析法、线性规划法等。
- **农业生态区** (Agro Ecological Zone, AEZ) 是按气候、土壤、地形、水文等土地自然特征的异同而划定的一个区域 (生态单元、评价单元、制图单元)。
- 每个农业生态区内土地自然特性基本一致。其形成通过气候图、土壤图、地形图、水文图、土地利用现状图等叠加而成。
- **内容 (计算过程)**：土地资源清查 (调查)、农作物最大单产潜力估算、作物适宜性分析、土地生产潜力估算。

(二) 水资源承载力

- ◆ 水资源承载力研究的时间相对较短，理论方法尚不完善，但水资源承载力并非一个过时概念，需要众多学者从理论到实践进一步深入研究。
- ◆ 从发展趋势看，水资源承载力是一个涉及资源、环境、经济和社会等多系统的综合概念，以水资源的可持续利用为中心，探讨影响区域水资源承载力的因素及其相互关系已成为相关研究的重点问题。
- ◆ 同时，考虑到水资源具有动态性、随机性和不确定性等特点，在水资源承载力研究中亦需加强动态模拟研究，通过一套能反映其本质的模拟体系实现水资源承载力的估算与动态变化的预测。
- ◆ 此外，水资源承载力研究要充分考虑水资源的调入、调出以及跨区占用问题，在开放系统下对区域水资源承载力进行评价也是水资源承载力研究的重要命题。

（二）环境容量与环境承载力

- **环境容量**是指区域自然环境和环境要素对人为干扰或污染物容纳的承受量或负荷量。
- 环境承载力概念由环境容量概念演化而来，与资源承载力相类似，它是区域环境与经济发展矛盾激化的结果，本质上反映了两者的辩证关系。
- 1974年，Bishop在其《区域环境管理中的承载力》一书中认为环境承载力是“在维持一个可以接受的生活水平前提下，一个区域能永久承载的人类活动的强烈程度”，Schneider则认为环境承载力是“自然或人造环境系统在不会遭到严重退化的前提下，对人口增长的容纳能力”。

（二）环境容量与环境承载力

- 中国环境界在20世纪70年代后期引入环境容量概念，1991年在《我国沿海新经济开发区环境的综合研究——福建省湄洲湾开发区环境规划综合研究报告》中首次明确提出环境承载力的概念。
- 随后，国内学者围绕基础理论、评价方法及实践应用等方面对区域大气、水、土壤、噪声、固废和辐射等单一环境要素的承载力开展了深入研究，环境对各种污染物的容纳能力以及人类在不损害环境的前提下能够进行的最大活动限度成为环境承载力研究的核心。
- 进入 21世纪，环境承载力研究方法日趋多样化、研究的深度和可操作性不断提高，相关成果在环境管理与规划、区域可持续发展等领域也得到广泛的应用。

（二）环境容量与环境承载力

- 经过二、三十年的发展，环境承载力研究在中国有了长足进步，但能够将区域环境系统和区域社会经济活动的方向、规模实现较好整合的环境承载力系统研究还很少见。在中国环境状况仍在恶化、新问题不断涌现的形势下，跨学科交叉研究、完善相关理论体系将是环境承载力研究的首要任务。
- 由于环境承载力的动态性特点，传统的数据获取与分析方法亟需突破，通过将地面观测与遥感相结合，将环境承载力研究方法与**GIS**集成，促进环境承载力研究向模式化和动态化方向发展。
- 此外，面向可操作性与实用性，建立同时描述环境承载力客观性、区域性及动态性的实用评价模型，促使环境承载力研究更好地用于指导人类社会经济活动，将是环境承载力由基础研究走向实际应用的重要途径。

（三）资源环境承载力

- 20 世纪 70 年代，随着世界范围内工业化和城市化进程的加速，传统的单要素资源环境承载力研究已难以解决社会发展所遇到的新问题，于是资源环境综合承载力研究逐渐成为承载力理论研究深化的重要方向。
- 国外最早可追溯至1948年威廉·福格特所著《生存之路》，首次将人类对资源环境的过度开发导致的生态变化称为“生态失衡”，并明确提出区域承载力概念以反映区域资源环境所能承载人口与经济容量的容量。1972年，罗马俱乐部《增长的极限》利用系统动力学模型对世界范围内的资源环境与人口增长进行定量评价，构建了著名的“世界模型”，分析了人口增长、工业化发展与不可再生资源枯竭、生态环境恶化和粮食生产的关系，认为全球的增长将会因粮食短缺和环境破坏在某个时段达到极限，由此提出了经济“零增长”的发展模式。报告一经发表便引起了世界范围的对资源环境承载力的强烈关注。

（三）资源环境承载力

- ◆ 中国涉足以资源环境诸要素综合体为对象的区域承载力研究始于20世纪90年代，学者们尝试从**自然资源支持力**、**环境生产支持力**和**社会经济技术水平**等角度，通过构建综合评价模型对区域资源环境承载力状况进行评估。
- ◆ 此外，日益严重的生态破坏问题亦引起学界的重视，出于保持生态系统完整性考虑，反映区域资源环境综合承载力的**生态承载力**概念逐渐兴起，
- ◆ **生态承载力**是指生态系统的自我维持、自我调节能力，资源与环境子系统的共容能力及其可维持的社会经济活动强度和具有一定生活水平的人口数量（高吉喜等）。
- ◆ 该概念不仅强调了特定生态系统所提供的资源和环境对人类社会系统的支持能力，涵盖了资源与生态环境的共容、持续承载和时空变化，而且考虑了人类价值的选择、社会目标和反馈影响。

- ◆ 此后，许多学者从系统的整体性、稳定性和可持续性出发，以区域“自然—经济—社会”复合生态系统的协调发展为目标，对生态承载力的概念、本质及指标体系进行了系统研究，研究区域方面则以生态脆弱地区、城市地区以及流域等典型生态系统的承载力为主

- ◆ 综上所述，如果根据承载主体的涵盖范围来划分，可将承载力分为两类：
 1. **单要素承载力研究**：以某一具体的自然要素作为研究对象，如土地资源、水资源、矿产资源承载力等；
 2. **综合承载力研究**：从区域整体的角度出发，诸如区域承载力、生态承载力等。
- ◆ 单要素承载力是综合承载力研究的前提，综合承载力研究是对要素承载力在区域尺度上的系统集成，因而必须是在作为其组成要素的主要资源环境承载力问题已经基本解决的基础上才能进行（图2）。

三、资源环境承载力研究进展

- 2000 年前后，资源环境承载力研究逐渐实现了由分类到综合、由静态到动态、由定性到定量、由基础到应用的转变，但资源环境承载力的阈值界定与关键参数率定、标准化评价与综合计量等仍是综合研究的热点与难点。
- 资源环境承载力综合研究兴起以来，为统一量纲，人们试图把不同物质折算成能量、货币或其他尺度，以求横向对比与综合计量。
- 基于上述考量，从20世纪末期到21世纪初期，学者们发展了基于生态足迹的“虚拟土地”、基于水足迹的“虚拟水”和基于能值分析的“虚拟能量”等理论与实践相结合的资源环境承载力综合评价理论与方法，极大地推动了承载力研究的跨世纪发展。

三、资源环境承载力研究进展

- （一）生态承载力与“虚拟土地”：生物生产性土地与生态足迹
- 在人类生态学领域，生态承载力的研究包括资源承载力和环境承载力两类。
- **资源承载力**侧重于研究资源所能供养人口数量，**环境承载力**则是指环境所能容纳某一活动或污染物排放的最大幅度。
- 然而，由于生态系统中资源与环境很难进行严格区分，故单独基于某一视角的生态承载力研究并不完整。**生态足迹**（Ecological footprint）概念的提出，则在一定程度上弥补了这种缺陷。

（一）生态承载力与“虚拟土地”：生物生产性土地与生态足迹

- **生态足迹**是指能够持续地提供资源或消纳废物的、具有生物生产力的地域空间，最早由加拿大生态经济学家 William 等于 1992 年提出。
- 人类对自然资本的占用可以定量衡量，由于自然资本与地球表面的紧密联系，故而可以用“生物生产性土地”（如耕地、林地、水域等）来表示，即**虚拟土地**。
- 理论上，人类的所有消费都可以回溯到提供该消费品的原始物质和能量的土地上并折算出相应生物生产性土地面积，从而可以直观反映出**人类消费与自然资本之间的相互影响**。

（一）生态承载力与“虚拟土地”：生物生产性土地与生态足迹

■ 假设：

- ①各类生物生产性土地在空间上是互斥的，因而其面积可以加和得到人类对自然系统的需求总量；
- ②人类活动所消耗的资源、能源及其所产生的废弃物可以定量估算；
- ③生产和消纳上述资源和废弃物所需的生物生产性土地面积可以定量折算。通过对维持人类社会所需的自然资源量和消纳废弃物所需的生物生产性空间的计算，并与区域生态承载力相比较，进而完成对区域可持续发展能力的评估。

（一）生态承载力与“虚拟土地”：生物生产性土地与生态足迹

- 与过往的承载力不同的是，生态足迹法同时从供给和需求两方面出发评估区域生态承载力：
- 一方面，对区域实际生物承载能力进行测算，作为衡量区域可持续发展水平的基础；
- 另一方面，对承载一定生活质量人口所需生态空间（即生态足迹）进行测算，然后将两者对比确定区域的生态赤字或盈余量。
- 通过这种简单的术语表达，使其成为全面分析人类对自然影响的有效工具之一。因此，生态足迹一经提出，便引起了世界范围内的关注，并迅速应用于不同尺度地域空间和学科领域中

（一）生态承载力与“虚拟土地”：生物生产性土地与生态足迹

- 然而，在生态足迹法迅速发展的同时，亦得到不少学者的质疑和争论，主要体现在：
- 对假设中“各类土地空间互斥”和“将资源和废弃物等量折算为生产面积”太过理想化、与实际不符，而主要根据吸收CO₂排放量转化为对应土地面积的计算方法不够科学，同时忽视了不同国家和地区地理环境的差异以及人类会对自然资产的储存等，所计算的结果多为一象征性的指向指标，对可持续发展的指导意义相对有限。

（二）水资源承载力与“虚拟水”：虚拟水流动与水足迹

- **水足迹**即虚拟水，主要由蓝水（Blue water）、绿水（Green water）和灰水（Grey water）三部分组成，从研究对象看，包括国家水足迹（Nation's water footprint）和个人水足迹（Individual water footprint），分别用来估算国家、地区或个人生产或消费的产品和服务的水资源量。
- 水足迹为水资源承载力研究提供了研究思路：即从消费角度入手，藉由虚拟水概念实现消费品与所含水资源之间的连通，进而用一定消费水平下可维持的区域人口数量作为水资源承载力的衡量指标，实现了评价指标的统一。

（三）资源承载力与“虚拟能量”：能量平衡与能值分析

- 单一要素所代表的区域承载力具有一定的局限性和片面性，如何对资源环境系统**全要素或多要素承载力的综合量化**进行系统研究成为重点和难点
- 从能量系统理论角度，所有系统均可视为能量系统，故而自然环境与社会经济的关系均可转化为能量分析。
- 但由于在能量分析时，不同种类、性质能量的能质各异，难以直接对比和计算，导致出现了“**能量壁垒**”问题，而**能值理论**与分析方法的出现为解决这一问题提供了新思路

（三）资源承载力与“虚拟能量”：能量平衡与能值分析

- 能值（emergy）分析由美国生态学家Odum于20世纪80年代创立，其与能路语言、系统分析方法相结合，可作为环境核算和生态经济系统分析的共同尺度。在能值分析理论中，系统中经济、资源环境等要素均以太阳能值作为统一衡量标准，克服了传统方法的局限性，为资源合理利用以及资源环境价值评估提供了度量标准和科学依据，因而被广泛用于不同尺度的生态经济系统分析与模拟、国际贸易评估、资源环境的管理与研究等领域。

（三）资源承载力与“虚拟能量”：能量平衡与能值分析

- **能值**：某一流动或储存的能量中所包含的另一种能量的数量。
- 单位能量（物质）所含的太阳能量称为**太阳能值转换率**，是度量某种能量（物质）能质的尺度，能值转换率越高，表明该种能量（物质）的能质越高，在能量系统中的等级也越高。
- 从中可以清楚地看出，所谓能值，实际与“虚拟土地”、“虚拟水”相似，即实质不存在，但可以通过转化而来的一种“**虚拟能量**”。
- 借助能值理论和分析方法，可将各种生态系统和生态经济系统的能流、物流和其他生态流进行统一度量，方便比较和分析。

（三）资源承载力与“虚拟能量”：能量平衡与能值分析

- 以能值为量纲，将不同种类、能质、能量转换成同一标准的能值进行衡量和比较，便可得到一系列**反映资源生态与经济效率的能值综合指标**，如净能值产出率（net emergy yield ratio, NEYR）、能值投入率（emergy investment ratio, EIR）、能值货币比（emergy dollar ratio, EDR）等。
- 同时，表征自然资源承载能力的指标也应运而生，如**能值承载力**（emergy carrying capacity, ECC）、**废弃物能值比**（waste to renewable ratio, WRR）等。这些指标极大的深化了资源环境承载力研究的理论与方法，对推动研究的定量化具有重要意义。

资源承载力与“虚拟能量”：能量平衡与能值分析

- 相较于传统的资源环境承载力理论而言，能值分析理论为承载力评估确立了一个**衡量的统一标准**，具有划时代的意义。
- 但是，相较于其先进的理论而言，能值分析的方法论研究却处于一个较为滞后的状态，主要表现在能值转换率的**计算较为繁杂**、**能值流程图**尚未有一个较为科学而全面的绘制方法、能值计算过程中对研究对象的区域性和动态性考虑不周等。
- 有鉴于此，未来能值分析需要在**能值的量化**、**综合评价方法优化**等多方面进行改进，以进一步完善能值分析理论。

四、资源环境承载力研究方法

- **定性分析**：情景分析法
- **定量评价**：**静态分析**（生态足迹法、因子分析法、能值分析法、聚类分析法、复杂网络法）、**动态分析**（系统动力学、遗传算法、时间序列法）

（一）定性分析：情景分析法

- 是一种直观的定性预测方法，假定某种现象或某种趋势将持续到未来的前提下，主要用于资源环境承载力的定性预测，也经常和定量方法中的动态分析（如系统动力学）结合使用。

生态足迹法(Ecological footprint, EF)

- 是定量核算人类社会经济活动对自然资源的需求与地球承载力之间的关系、度量可持续发展程度的生物物理方法。
- 先进行土地面积量化，计算需求层面的生态足迹和供给层面的生态承载力，然后对比供需是否平衡，进而评价系统是否可持续发展。是目前生态承载力研究的主流。
- 各种资源和能源消费项目被折算为耕地、草地、林地、建筑用地、化石能源土地和海洋（水域）等6种生物生产面积类型，对区域资源环境承载能力进行核算。

因子分析法

- 用少数几个因子去描述许多指标或因素之间的联系，即将相关比较密切的几个变量归在同一类中，每一类变量就成为一个因子，以较少的几个因子反映原资料中的大部分信息，从而定量分析影响资源环境承载力的主要因素。

能值分析法

- **能值**：一种流动或贮存的能量中所包含的另一种能量的数量称为该能量的能值；如产品或劳务形成过程中直接和间接投入应用的某种有效能量，是其所具有的能值
- 能量贯穿了区域系统运行的始终，生态系统和人类社会经济系统均可视为能量系统。这些系统通过能量的流动、转化和贮存，形成了系统内部多种复杂作用形式。因此，人们可以使用能值定量评价区域生态承载力
- **能值分析**是以能值为基准，统一化、标准化地衡量和分析生态经济系统中众多非同类、不可比的能量，综合分析系统中各种生态能，构建能值综合指标体系。把各种形式的能量转化为统一的单位（太阳能），对区域承载力进行统一量纲下的核算。

聚类分析法

- 将物理或抽象的集合分组为类似的对象组成的多个类的分析过程，从而对区域承载能力进行分类分层分析。

复杂网络法

- 通过对主体的及主体间关系的抽象和模拟，从整体角度定量化地分析研究对象的特征和各个不同实体在网络中的地位和作用
- 适合用于资源环境承载力中的压力要素“经济”和“社会”问题的模拟和定量分析。

系统动力学法(System Dynamics, SD)

- **原理**：根据系统内部组成要素互为因果的反馈特点，从系统的内部结构来寻找问题发生的根源，以及要素变动（决策）过程中，系统整体的回馈。通过建立一阶微分方程组反映系统中各模块变量之间的因果反馈关系。
- 系统动力学模型能对不同发展方案进行模拟研究，预测决策变量，因此用其对资源环境承载力指标体系进行评价，能够得到**最佳**的发展**方案**及相应的承载力状态。
- **普遍应用**于资源环境承载力各要素之间的动态关联和从整体的视角分析不同决策政策下的承载能力。

遗传算法（Genetic Algorithm）

- 借鉴生物界的进化规律（适者生存，优胜劣汰遗传机制）演化而来的随机化遗传算法，在资源环境承载力方面，可以用于动态分析不同策略的结果和可能性等。

时间序列法

- 利用按时间顺序排列的数据预测未来的方法，利用过去数据预测区域资源环境承载力未来的可能性。

第三节 中国土地的可持续利用

■ 一、土地可持续利用的**含义**

- 是指当前的土地利用不能对后代的持续利用构成危害。换句话说，土地の利用既要满足当代人的需求，又不要影响人类今后的长远发展。土地可持续利用包含**两层含义**：一是土地资源本身的高效持续利用；二是土地资源与社会其他资源相配合，共同支撑经济社会持久发展。

第三节 中国土地的可持续利用

- 二、土地可持续利用的**基本目标**
- (1)土地资源数量配置与土地资源的总量稀缺性高度一致。
- (2)土地资源的质量组合与资源禀赋相适应。
- (3)土地资源的时间安排与资源供给的时序性相协调。
- (4)土地资源配置应当考虑各地区差异与特点，诱发地区发展活力。

三、保护耕地是中国土地可持续利用的战略重点

- 1.保证耕地总量动态平衡包括以下内容：
- （ 1）耕地总量动态平衡应以人口对食物的持续供需平衡为目标。
- （ 2）耕地总量动态平衡应建立在区域平衡的基础上。
- （ 3）耕地总量动态平衡要有长远性。
- （ 4）耕地总量动态平衡要考虑环境的适宜性。
- （ 5）耕地总量动态平衡的特别是追求质量的平衡。

三、保护耕地是中国土地可持续利用的战略重点

- 2. 改造中低产田，其作用是：
 - （ 1 ） 直接提高粮食单产。
 - （ 2 ） 改善生态环境。
 - （ 3 ） 解决脱贫问题。
 - （ 4 ） 从总体上缓解土地短缺压力，促进经济发展。

四、非农用地可持续发展对策

- 1.科学规划，既要有合理用地结构、布局和方式，又要留有余地，满足今后需要。
- 2.保证生态环境建设用地需求
- 3.立体利用，适当提高容积率，盘活存量、消除闲置、提高效率
- 4.开展土地整治

复习思考题

- 土地可持续利用 人地关系
- 资源承载力 土地资源承载力 生态足迹 能值分析
- 土地人口承载力 土地生产潜力 土地多宜性 农业生态区
- **1.**土地的可持续利用在人类可持续发展中的地位和作用是什么？
- **2.**当前有哪些因素威胁土地的可持续利用？在中国的具体表现是什么？
- **3.**耕地保护在土地可持续利用中有什么特殊意义？中国如何实现耕地的可持续利用？