

“资源-环境-经济-社会”四位一体的  
资源环境承载力研究体系

安海忠 博士/教授/博导

中国地质大学（北京）人文经管学院

二零一八年五月八日

# 背景



资源环境承载力监测预警机制

理念：山水林田湖是一个生命共同体

执行：承载力监测预警

管理：将山水林田湖纳入一个部委管理

提出问题

如何从系统视角研究资源环境承载力？

# 主要内容

一、资源环境承载力研究历史脉络

二、资源环境承载力理论体系框架

三、资源环境承载力方法体系框架

四、资源环境承载力数据体系框架

五、资源环境承载力应用体系框架

六、资源环境承载力重点研究问题

# 一、资源环境承载力研究历史脉络

国际SSCI检索论文142篇：**研究领域分布**



# 一、资源环境承载力研究历史脉络

国际SSCI检索论文142篇：**研究方向分布**



# 一、资源环境承载力研究历史脉络

国际SSCI检索论文142篇：**研究机构分布**



# 一、资源环境承载力研究**历史**脉络 国际SSCI检索论文142篇：研究国家和地区分布



# 一、资源环境承载力研究**历史**脉络

## 概念建立

1758年法国经济学家Francois Quesnay在《经济核算表》中研究了土地生产力与经济财富之间的关系，提出了**在一定面积的土地上其经济财富的发展是有极限的**（陶在朴，2003）

1798年Malthus《人口原则》研究了土地因素对人口增长的限制作用，是**学术界公认的对承载力研究最早的论证**（T. Malthus, 1942）

概念建立

模型方法

单一要素

综合系统

1921年人类生态学家帕克 (Park) 和伯吉斯 (Burgess) 提出了**承载力 (Carrying Capacity) 的概念**，即在特定的生存空间、阳光、营养等环境条件下，某种生物种群能达到的最高数量极限（Park R. F. 和Burgess E. W., 1921）

# 一、资源环境承载力研究**历史**脉络

概念建立

模型方法

单一要素

综合系统

概念建立

1995年诺贝尔经济学奖获得者Arrow等在《Science》上发表了“**经济增长、承载力和环境**”论文(Arrow等, 1995)

2012年Running发表在《Science》上的论文中提出可供人类利用的各种资源会在未来数十年达到“**生态边界**”(Running, 2012)

- ① **单向资源**承载力概念：海洋、水资源、土地、森林、人口
- ② **区域**承载力：城市、区域、农村、公园
- ③ **产业**承载力：旅游、交通等
- ④ **综合**承载力：生态、环境、资源环境承载力

# 一、资源环境承载力研究**历史**脉络

概念建立

模型方法

单一要素

综合系统

模型方法

① **人口承载力模型**：1838年数学生物学家弗赫斯特Verhulst根据19世纪早期法国、比利时、俄国和英国的艾塞克斯20年的人口统计资料，利用逻辑曲线方程将马尔萨斯的人口增长理论模型化，建立了最早的承载力模型（Moses等，2004）

② **单项资源的承载力模型**：土地承载力模型、光合作用模型、联合国粮农组织的农业生态区域模型

③ **世界模型**：《增长的极限》利用系统动力学理论构建了著名的“世界模型”——**DYNAMO模型**，评估了地球上的资源（土地、水、粮食、矿产等）、生态环境与人的关系（Meadows, 1972）

# 一、资源环境承载力研究**历史**脉络

概念建立

模型方法

单一要素

综合系统

模型方法

④ 70年代后期到90年代初，联合国教科文组织 (UNESCO) 和粮农组织 (FAO) 提出了一系列量化资源环境承载力方法 (UNESCO, FAO, 1985)

⑤ 能值综合评价法

⑥ 系统动力学方法

⑦ 生态足迹法

⑧ 城市承载力评估系统

## 二、资源环境承载力**理论**体系框架

### 生态经济学理论

20世纪60年代，美国经济学家肯尼斯·鲍尔发表了“**一门科学：生态经济学**”一文，首次提出了“生态经济学”的概念

基础：热力学定律

视角：从**物质和能量**角度分析经济活动的环境影响

### 相关理论介绍

**原理：**经济活动会减少有效能量并产生熵废物，而地球提供物质和能量资源以及接受熵废物的能力是有限的，经济子系统的增长不能超越生态母系统规模的限制，实现环境可持续性需要调整影响生态承载能力的经济活动并限制其规模 (Pelletier, 2011)

---

## 二、资源环境承载力**理论**体系框架

### 生态 经济 学 理 论

研究视角一：以**生态系统**作为研究主体，利用**数学方法和生态模型**，**研究人类活动对生态环境的影响**，引申出保护、改善生态环境的政策含义

### 相关理论介绍

研究视角二：以**制度、组织、技术创新**入手，规范企业和人的**行为**，将自利目标与利他目标统一起来，实现经济与生态、人与自然和谐

研究视角三：从**利益相关者**的协商、谈判入手，通过利益相关者的学习、协商和合作，形成具有双赢乃至多赢性质的解决生态问题的**方案**

## 二、资源环境承载力**理论**体系框架

### 新 陈 代 谢 理 论

城市(区域)系统的运行是一个**新陈代谢的过程**

(Wolman, 1965)

### 相关理论介绍

基本思想：通过物质及能量代谢的测度，建立城市(区域)**新陈代谢模型**，研究**城市(区域)经济社会活动中生产侧**(包括资源、能源、人力的投入)和**消费面**(包括经济产出、废弃物及居民福利)所带来的**影响**(Cencic and Rechberger, 2008)

## 二、资源环境承载力**理论**体系框架

### 复杂系统理论

城市(区域)是以人为主体的,以空间和自然环境的合理利用为前提,以聚集经济效益和社会效益为目的,集约人口、经济、科技、文化的空间地域**大系统**(钱学森,1990;鲍世行和顾孟潮,1994)

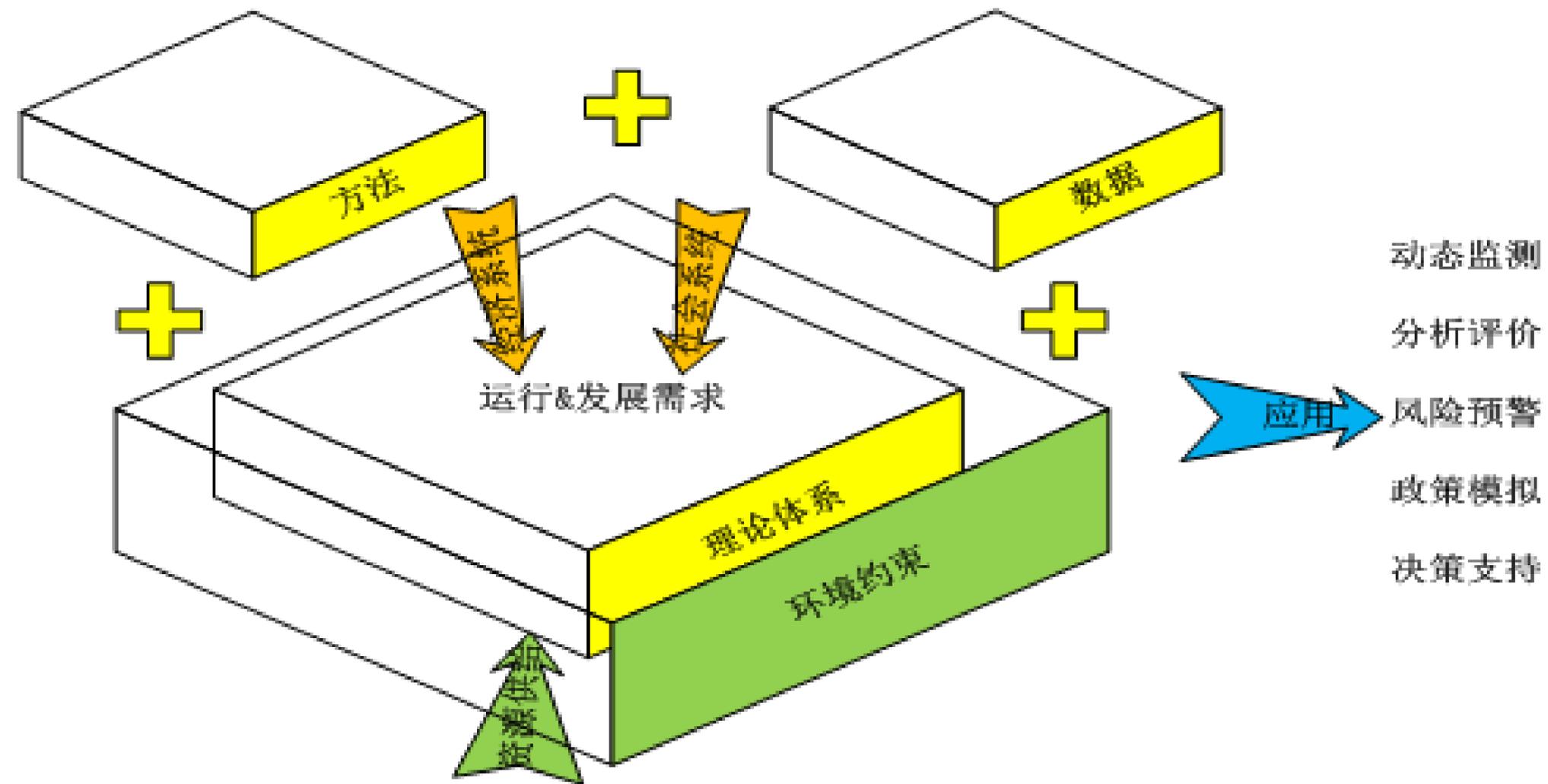
### 相关理论介绍

基本思想:城市(区域)是一个包含经济、社会、环境等多重因素的复杂系统,综合考虑**各子系统之间的相互联系,通过模拟仿真、情景分析和优化等方法**得出比较科学客观的结论

---

## 二、资源环境承载力**理论**体系框架

以理论为基础，以方法和数据为支撑，以应用为导向的，集**理论、方法、数据、应用**“四位一体”的资源环境承载力研究框架体系(安海忠，2016)



## 二、资源环境承载力**理论**体系框架

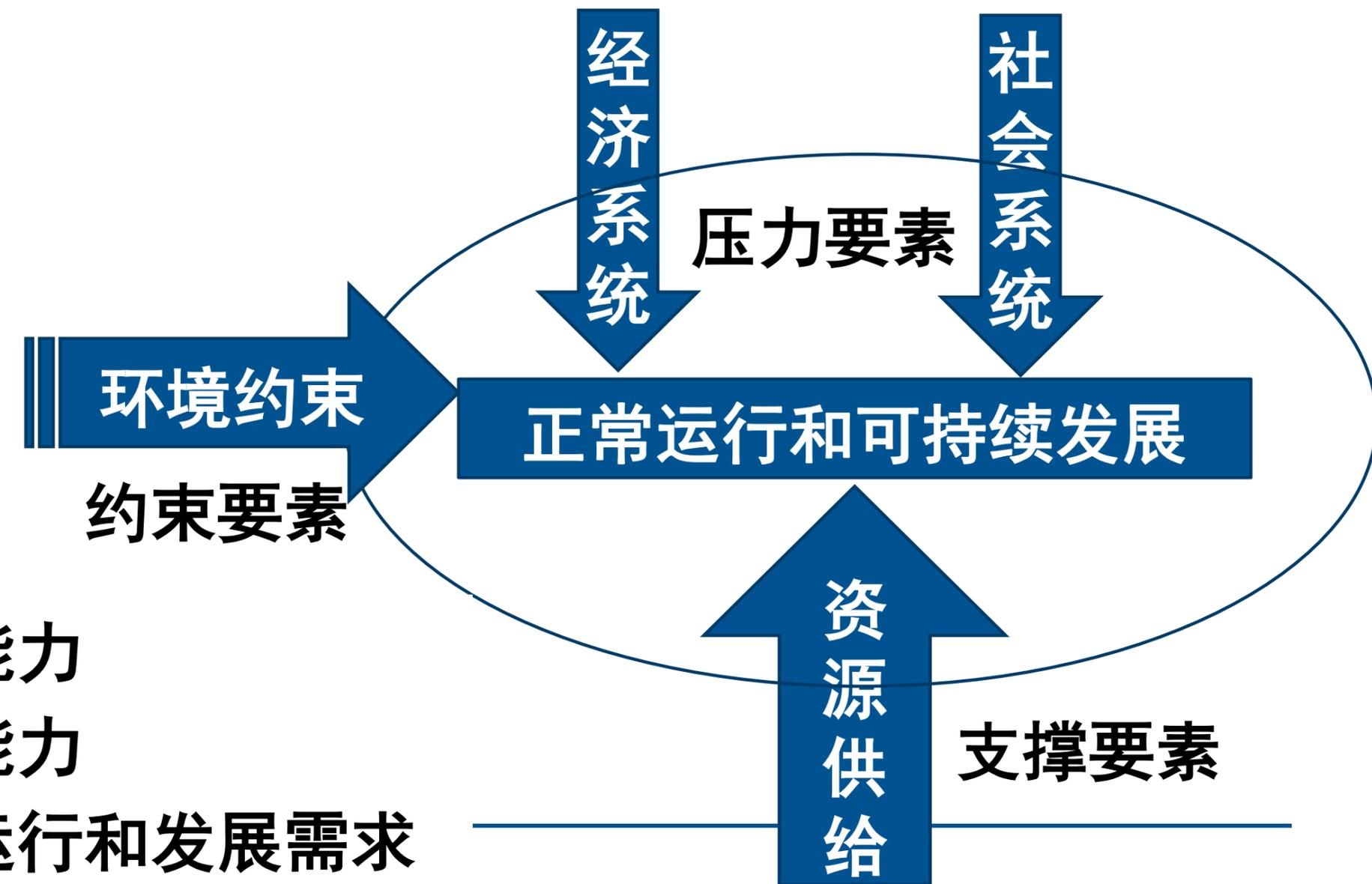
以资源为支撑，以生态环境为约束，以社会和经济系统正常运行和可持续发展为目标的资源

环境承载力**理论研究体系** (安海忠, 2016)

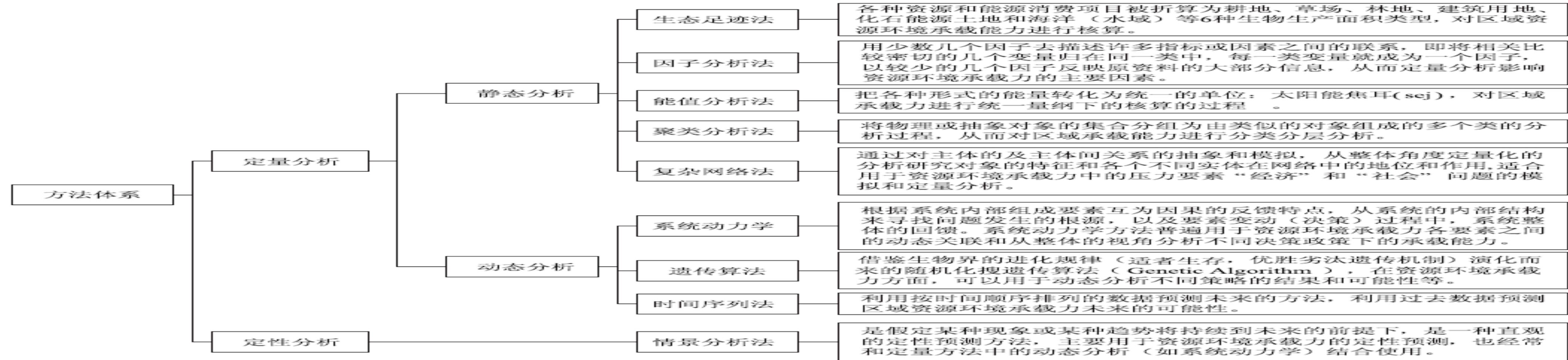
支撑要素-各类资源的供给能力

约束要素-生态环境的承载能力

压力要素-经济和社会系统运行和发展需求



# 三、资源环境承载力方法体系框架



### 三、资源环境承载力**方法**体系框架

能  
值  
综  
合  
评  
价  
法

地球上的能量和物质都直接或间接来源于太阳能，即任何资源、产品、劳动力在形成过程中直接或间接利用的太阳能之量，称为其具有的**太阳能值 (Solar Energy)** (Brown和Ulgiati, 2004)

最大的优势是提供了**将生态环境、自然资源，以及经济、社会发展因素统一量化的方法** (Amaral等, 2016)

Campbell (1998) 运用能值分析法对美国缅因州的人口承载力以及发展的可持续性进行了研究

Brown和Ulgiati (2001) 研究了墨西哥旅游业承载力

---

### 三、资源环境承载力**方法**体系框架

#### 生态足迹法

一种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 (Rees, 1992; Rees, 1996)

从**供给视角**评估区域生态承载力：测算区域实际生物承载能力

从**需求视角**评估区域生态承载力：测算承载一定生活质量人口所需生态空间（即生态足迹）

从**供给与需求比较视角**：对比确定区域的生态赤字或盈余量 (Wackernagel M, 1998)

## 四、资源环境承载力**数据**体系框架

在**区域**范围方面，需要构建面向**全球、国家、地区、省、市**等不同范围的数据体系

政府报告和新闻报道等**文本**中也存在着大量的**灰色数据**，有待进一步通过大数据和文本挖掘等方法进行全面的提取和使用

在**数据来源、精度和时间尺度**方面，可以分为长周期大尺度的国家和地方统计**年鉴**数据、高精度的空间**遥感**数据、高精度的实地**观测**数据和**调研**数据、高精度的高频**时间序列**数据、基于情景分析的仿真**模拟**数据等5个层次

统计  
年鉴数据

空间  
遥感数据

观测数据  
调研数据

高频时间  
序列数据

模拟仿真  
数据

文本  
灰色数据

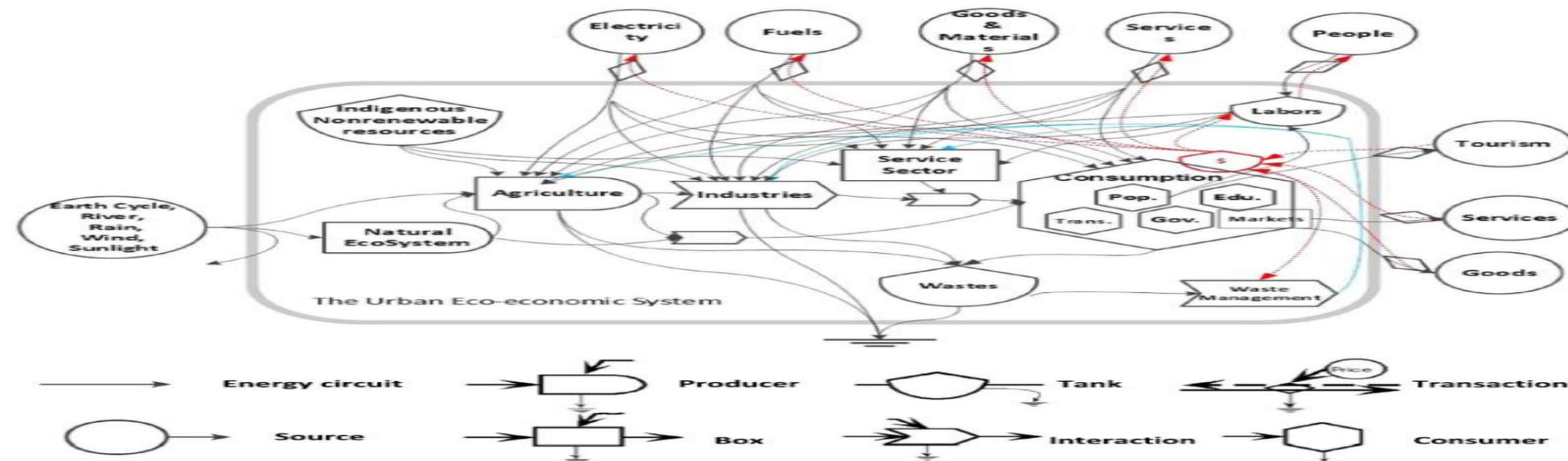
# 五、安徒生团队相关特色成果介绍



Accessing on the sustainability of urban ecological-economic systems by means of a coupled energy and system dynamics model: A case study of Beijing

Wei Fang<sup>a,b,c</sup>, Haizhong An<sup>a,b,c,\*</sup>, Huajiao Li<sup>a,b,c</sup>, Xiangyun Gao<sup>a,b,c</sup>, Xiaoqi Sun<sup>a,b,c</sup>, Weiqiong Zhong<sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup> School of Humanities and Economic Management, China University of Geosciences, Beijing 100082, China



## 5.1 “资源-环境-社会-经济”综合承载力

《以能值和系统动力学方法为基础的城市生态经济系统核算：以北京为例》，构建了资源环境承载力“资源-环境-社会-经济”综合系统，核算了不同情境下区域资源环境承载力，成果发表在Energy Policy（影响因子3.045）等期刊上

## 5.2 资源/能源流动核算



Evolution of the exergy flow network embodied in the global fossil energy trade: Based on complex network



### 国际贸易中的烟流网络分析



Indirect energy flow between industrial sectors in China: A complex network approach

Xiaoqi Sun <sup>a, b, c</sup>, Haizhong An <sup>a, b, c, \*</sup>, Xiangyun Gao <sup>a, b, c</sup>, Xiaoliang Jia <sup>a, b, c</sup>, Xiaolin Liu <sup>a, b, c</sup>



### 中国部门间接能源流网络分析

Accepted 19 October 2015  
Available online 21 November 2015

Keywords:  
Input-output table  
Complex network  
Indirect energy flow  
China

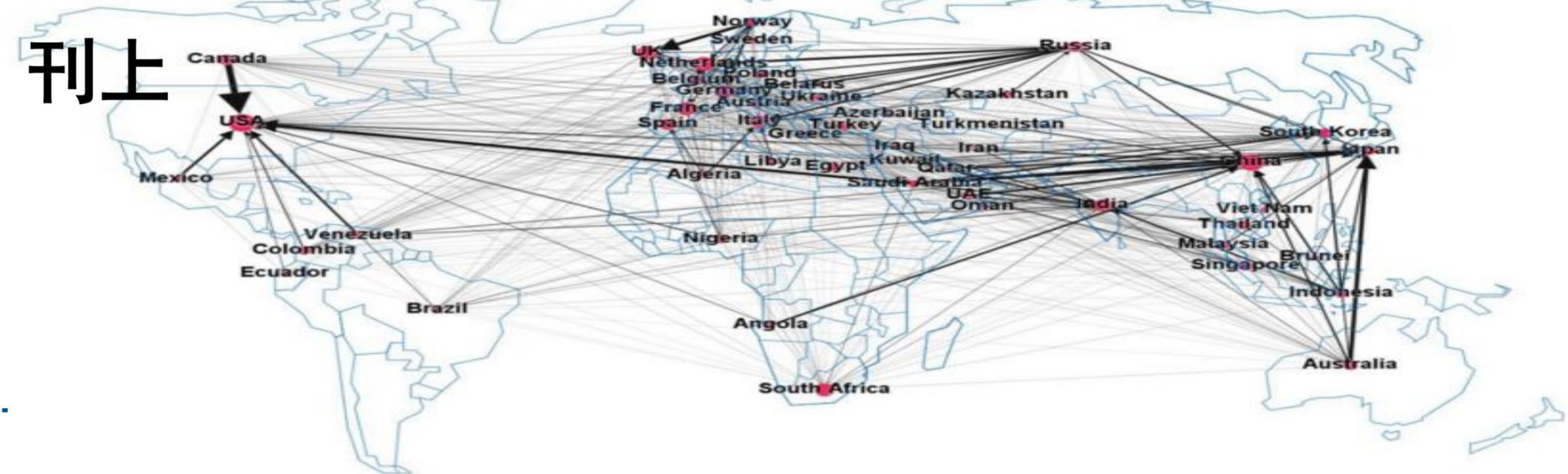
the structure of indirect energy flow network and its change from 1997 to 2007. To this end, we constructed three directed weighted IEFNs (indirect energy flow networks) with 28 sectors on the basis of three basic input-output tables from 1997, 2002, and 2007. By analyzing the clustering coefficient and the average path length of the networks, we obtained the small world nature of IEFNs. In the same study, we identified key sectors of the IEFNs on the basis of three centrality indicators from complex network theory, namely degree centrality, eigenvector centrality, and betweenness centrality. In addition, we analyzed the indirect energy flow paths in the network. Based on the knowledge of the structure of IEFNs and its trend, we discussed the possible policy implications.

© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

以**复杂网络方法**为基础，分析了全球及各产业  
矿产资源/能源要素流动结构特征

相关成果发表在APPLIED ENERGY（影响因子  
5.746）、ENERGY（影响因子4.292）等SCI期

刊上



## 5.3 资源开发对生态环境的影响

Energy Policy 100 (2017) 359–364

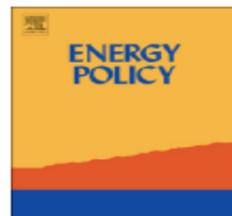


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Energy Policy

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol)



A theoretical cost optimization model of reused flowback distribution network of regional shale gas development



Huajiao Li<sup>a,b,c,d</sup>, Haizhong An<sup>a,b,d,\*</sup>, Wei Fang<sup>a,b,d</sup>, Meng Jiang<sup>a,b,d</sup>

<sup>a</sup> School of Humanities and Economic Management, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

<sup>b</sup> Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing 100083, China

<sup>c</sup> Department of Energy and Mineral Engineering in the College of Earth and Mineral Sciences, The Pennsylvania State University, PA 16802, USA

<sup>d</sup> Open Lab of Talents Evaluation, Ministry of Land and Resources, Beijing 100083, China

### H I G H L I G H T S

- A theoretical cost optimization model to get optimal flowback distribution solution.
- An empirical study using the shale gas data in Bradford County of Marcellus Shale.
- Visualization of optimal flowback distribution solutions under different scenarios.
- Transportation cost is a more important factor for reducing the cost.
- Help the developers to cut the storage and transportation cost of reusing flowback.

以系统动力学**等方法**为基础，针对页岩气开发对水环境的影响展开研究  
相关成果发表在Energy Policy（影响因子3.045）等期刊上。



中国地质大讲堂

# “资源-环境-经济-社会”四位一体的 资源环境承载力研究体系

## 谢谢各位，敬请指正！

安海忠 博士/教授/博导

中国地质大学（北京）人文经管学院

二零一八年五月八日