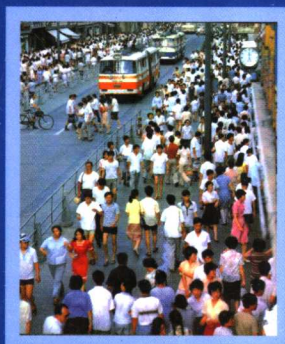




生态承载力 复合模型系统与应用

王开运 等著



$$\frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{\frac{1}{n} \sum \left(\frac{(AW)_i}{\omega_i} \right) - n}{n-1}$$



科学出版社

www.sciencep.com

生态上海建设的理论与实践

生态承载力复合模型 系统与应用

王开运 等著

科学出版社

北京

内 容 提 要

本书重点论述了生态承载力的概念、内涵、进展和研究方法。在可持续发展理论的指导下,开发了区域复合生态系统承载力模型。并针对上海市崇明岛生态建设的战略需求,应用承载力复合模型对崇明 2006~2020 年期间的社会和经济以及资源供需进行了模拟预测,对崇明生态岛建设的发展模式以及人口、经济、产业、资源和环境优化方案进行了探讨。

本书可供各级政府有关管理人员以及从事社会、经济、生态学等大专院校师生及科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生态承载力复合模型系统与应用/王开运等著. —北京:科学出版社,2007

(生态上海建设的理论与实践)

ISBN 978-7-03-018957-8

I. 生… II. 王… III. 可持续发展—研究—上海市
IV. X22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 067191 号

责任编辑:李 瑾 谭宏宇 / 责任校对:连秉亮
责任印制:刘 学 / 封面设计:一 明

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

常熟华通印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007 年 6 月第一次印刷 印张:18½ 插页 0

印数:1—25 000

字数:424 000

定价:58.00 元

《生态承载力复合模型系统与应用》编委会

主 编 王开运

副主编 邹春静 张桂莲 陆 鸣

编 委	王开运	华东师范大学
	邹春静	华东师范大学
	张桂莲	华东师范大学
	陆 鸣	上海市南汇区人民政府
	郑广宏	同济大学
	巩晋楠	华东师范大学
	陈乐天	华东师范大学
	张 超	华东师范大学
	马永亮	华东师范大学
	孔正红	华东师范大学
	郑丽波	华东师范大学
	李 恺	华东师范大学
	任文伟	复旦大学

前 言

承载力的概念最早来自于生态学。1921年, Park 和 Burgess 在人类生态学领域中首次应用了生态承载力的概念, 即在某一特定环境条件下(主要指生存空间、营养物质、阳光等生态因子的组合), 某种个体存在数量的最高极限。20世纪60、70年代, 随着自然资源耗竭和环境恶化等全球性问题的日益加重, 引起资源承载力, 如水、土地和关键矿产等、环境承载力及相关命题研究的广泛开展, 其中尤以罗马俱乐部 Meadows 等人所著的《增长的极限》为杰出代表, 强调资源的限制作用。80年代后期, 随着可持续发展概念和思想的提出, 承载力的研究从单资源研究发展到更宏观的复合巨系统综合性研究, 强调资源各要素间的网络、动态变化关系以及系统的整体效应, 从“自然-经济-社会”复合巨系统层面探讨资源和环境承载同人口、经济发展相协调的问题。它的概念与单资源要素承载力概念相比内容更丰富、全面, 更接近人类社会系统特点, 但也更加复杂而难于表述。尽管目前关于生态系统承载力的定义描述还不完全统一, 但对其广义内涵的理解还是比较清楚的, 也即, 强调特定生态系统所提供的资源和环境对人类社会系统良性发展的支持能力, 涵盖资源与环境子系统的相容、持续承载和时空变化, 而且应该更多的考虑到人类价值的选择、社会目标和人类与环境之间的相互影响。与其他能力一样, 它可以发展, 也可以衰退, 取决于人类的资源利用方式。一定生态承载力基础上, 可以承载的人口和经济总量是可变的, 取决于人口与产业的空间分布、土地利用格局以及产业结构与技术水平。因此, 生态承载力决定着一个区域经济社会发展的速度和规模, 而生态承载力的不断提高是实现可持续发展的必要条件。如果在一定社会福利和经济技术水平条件下, 区域的人口和经济规模超出其生态系统所能承载的范围, 将会导致生态环境的恶化和资源的枯竭, 严重时会引起经济社会的畸形发展甚至倒退。因此, 也可以说生态承载力是联系人类活动与自然生态系统的纽带和中介, 反映了人类活动与生态系统功能结构间的协调程度, 决定着一个区域经济社会发展的速度和规模。正因为如此, 目前生态系统承载力研究在人口、自然资源管理及生态环境规划等领域获得了广泛的应用, 成为可持续发展的支撑理论。

生态承载力研究内容涉及对目标系统动态、互作和反馈等过程的定量描述, 预测、指标体系建立、承载力状态评价、多目标决策优化等一体化的综合过程。而生态承载力预测研究不同于对某区域的历史或现状承载力分析和评估, 它必须以研究区“社会-经济-自然”复合生态系统为对象, 以区域持续发展为目标, 既要考虑研究区现状, 又要纳入规划目标、定位、政策和可利用的区域和科技发展潜势等。因此, 承载力预测研究是一个典型的半结构化的多层次和多目标的群决策问题, 其过程更加复杂和具有不确定性。目前在研究方法方面总体来说尚处于探索阶段, 成为制约承载力理论具体应用的主要原因。

近年来, 在国家科技部“十一五”科技支撑重大项目课题“崇明岛生态系统修复关键技术开发及应用研究(2006BAC01A14)”, 上海市科学技术委员会崇明生态岛建设重大专项“崇明岛生态承载力与生态安全预警系统研究(05DZ12007)”, 国家自然科学基金“区域生

态承载力动态模拟与分析(30670315)”,中法国际合作项目“滨岸多功能型防护林体系构建和持续管护技术研究(063907040)”等项目资助下,针对区域“自然-经济-社会”复合系统承载力模型开发和上海市崇明生态岛建设的应用需求,我们在承载力理论和应用方面进行了深入的工作。其关注点是:①“自然-经济-社会”复合系统模型开发;②从区域经济发展和环境管理的角度,研究生态承载力动态变化和未来发展趋势的预测;③指标值的时空分布以及指标间的互作和反馈过程;④区域生态承载力的合理状态的范围、动态和多目标的界定;⑤承载力多目标优化策略与人口、经济规模,产业布局,土地利用布局等耦合关系;⑥多源数据的采集、分析以及空间决策支持系统等技术支撑作用;⑦承载力阈值范围与生态系统的健康和生态安全的关系;⑧基于承载力区域生态建设控制指标和准则建立。

本书作为上述研究工作的部分总结,共分6章,前3章内容主要涉及承载力的理论发展、内涵和研究方法以及生态承载力复合模型系统的开发,后3章集中在承载力复合模型在崇明生态岛建设的预测应用。内容包括国内外岛(区)类似成功发展模式对比,区域资源分析,崇明生态建设目标的发展模式设计,崇明重要资源的承载力,环境容量以及适宜的人口和经济支撑能力评价,区域生态承载力相适应的产业结构、人口规模和布局方案,以及生态岛建设分阶段的控制指标和指导准则等。本书可供各级政府有关管理人员,社会、经济、生态学等大专院校师生及科研人员参考。

在研究项目的实施和本书的编写和出版过程中,得到了上海市科学技术委员会,崇明县有关局、委、处、室以及各乡镇等单位领导和工作人员的热心支持,以及来自华东师范大学、复旦大学、上海交通大学、上海师范大学等单位近百余名研究人员和研究生的贡献,在此一并致谢!

王开运

2007年4月于上海

本书得到以下项目联合资助:

1. 国家科技部“十一五”科技支撑重大项目课题“崇明岛生态系统修复关键技术开发及应用研究(No. 2006BAC01A14)”
2. 上海市科学技术委员会崇明生态岛建设重大专项“崇明岛生态承载力与生态安全预警系统研究(No. 05DZ12007)”
3. 国家自然科学基金面上项目“区域生态承载力动态模拟与分析(No. 30670315)”
4. 中法国际合作项目“滨岸多功能型防护林体系构建和持续管护技术研究(No. 063907040)”
5. 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室(No. 04DZ05909)
6. 上海市科学技术委员会崇明生态创新研究基地(No. 05DZ22328)
7. 中国博士后科学基金(No. 20060400636, No. 20060400173)

目 录

第一章 生态承载力的发展与挑战	1
第一节 生态承载力概念的产生与发展.....	1
一、承载力概念的起源	1
二、承载力概念的发展	3
三、生态承载力概念的产生	6
第二节 生态承载力的研究对象与挑战	10
一、生态承载力研究对象及内涵	10
二、生态承载力研究的重要意义与面临的挑战	14
第二章 承载力研究方法	16
第一节 承载力的研究方法	16
一、种群数量的 Logistic 法	16
二、资源供需平衡法	17
三、指标体系法	22
四、系统模型法	36
第二节 生态承载力研究方法的适用性分析	43
一、种群数量的 Logistic 法	43
二、资源供需平衡法	44
三、指标体系法	44
四、系统模型法	45
第三节 生态承载力研究方法的发展趋势	46
第三章 生态承载力复合模型系统	48
第一节 复合模型系统概述	48
一、复合模型系统的构建思路	48
二、复合模型系统的组成和功能	48
第二节 过程动态模型	51
一、过程动态模型的构建方法	51
二、过程动态模型的构建和模型描述	57
三、参数设定	78
四、重要变量的关系	80
第三节 状态空间评价模型.....	111
一、状态空间法基本原理	111

二、状态空间评价指标体系	113
三、生态承载状况的判定	127
第四节 空间决策模型	128
一、空间决策模型的选择	128
二、情景分析法和目标规划模型在复合模型系统中的实现	130
第五节 数据库系统	132
一、数据库系统概述	132
二、数据库设计及其功能	133
第六节 复合模型系统的实现	137
一、SDSS 概述及系统结构	138
二、三库系统的实现	141
三、系统辅助设计	147
第四章 崇明岛区生态承载力历史年评价	151
第一节 研究区背景	151
一、调查资料	151
二、地理概况	151
三、自然资源特征	155
四、社会经济状况	165
五、环境特征	172
第二节 评价指标体系	177
一、指标及权重的确定	177
二、理想参比值的确定	179
第三节 崇明岛区历史年生态承载状况分析	180
一、崇明岛区生态承载状况分析	180
二、崇明岛区各功能区生态承载状况分析	187
第四节 崇明岛区生态承载力现状小结	191
第五章 崇明岛区生态承载状况动态预测及评价	192
第一节 生态承载力预测情景设计	192
一、情景设计的构思	192
二、崇明岛区面临的发展机遇	193
三、生态岛的功能定位	200
四、生态岛功能分区	202
五、崇明岛区规划目标	206
六、国内外发展模式分析	209
七、“环境 Kuznets 曲线”分析	221
八、崇明岛区未来可选发展方案设计	224

第二节 不同方案生态承载状况评估与风险分析·····	226
一、不同方案生态承载状况评估·····	226
二、风险分析·····	227
三、优化方案的确定·····	228
第三节 优化方案下生态承载力预测分析·····	229
一、崇明岛区生态承载状况预测·····	229
二、崇明岛区生态系统资源供需状态预测·····	236
三、崇明岛区各功能区承载状况预测·····	242
四、崇明岛区各功能区资源供需预测·····	255
 第六章 崇明生态岛建设的指标准则·····	258
第一节 崇明岛区生态建设的指标准则·····	259
一、指标准则的特点·····	259
二、指标准则分析·····	260
第二节 崇明岛区各功能区生态建设的指标准则·····	268
一、崇明岛区各功能区人口分布状况·····	268
二、崇明岛区各功能区经济状况·····	270
三、崇明岛区各功能区环境质量控制状况·····	270
 第七章 结论与建议·····	273
一、结论·····	273
二、策略和建议·····	274
三、展望·····	275
 参考文献·····	277
 附录 过程动态模型中变量命名规则·····	284
一、变量命名原则·····	284
二、变量命名方法·····	284

第一章 生态承载力的发展与挑战

第一节 生态承载力概念的产生与发展

人类繁衍、发展的历史,是一部人同整个自然生态系统之间相互作用、共同发展、不断进化的历史。从几百万年前人类诞生至今,人类同自然间作用的方式、强度、范围已发生了极大变化。远古时期生产力的低下使人类只能被动地适应自然,人类活动受到自然的极大局限;农业得到发展时,人类开始用自身的力量改造自然,在农业文明时期以获取食物为目的,开始了开垦草原、砍伐森林的活动;18 世纪末,Malthus 关注到人口增长中的障碍,对人口增长导致食物短缺进行了描述,此后,牧场管理中也开始出现草场承载力的概念。进入工业革命以后,人们抛弃了“天人合一”的传统思想,“征服自然”的观念一度盛行,人类社会进入了一个对自然掠夺、挥霍和破坏的时代。在大量消耗资源的基础上生产力得到了很大发展,人口剧增,产生了更大的物质需求;生产工具的进步又为进一步征服和掠夺提供了条件,自然生态系统的负荷急剧增大。人类恶性掠夺首先造成了地区环境和资源的恶化和枯竭,愈发频繁的环境事故和灾害使人们把注意力转向了环境和资源的承载力研究。

同时,森林面积锐减、生物多样性丧失、水土流失和沙漠化、全球变暖不断加剧,生态系统退化向全球范围发展速度惊人。人们不得不开始从整个生态系统的角度考虑问题:1968 年 4 月,由当时知名科学家、经济学家、社会学家约 30 人成立了“罗马俱乐部”,1972 年 3 月,出版了著名的《增长的极限》,明确提出不断增长的人口必然会遭遇资源环境的“瓶颈”。同一时期世界自然保护同盟(IUCN)、联合国环境规划署(UENP)、世界野生生物基金会(WWF)首先使用了“可持续发展”这一词组,以避免掠夺式发展的可怕后果,于是生态承载力的研究被推上前台。至此,承载力已经历了长达 200 余年的思考、争辩、修正与创造,形成了全新的生态承载力理论;概念也得到了极大的发展和扩充,研究目的由种群研究延伸到社会决策,承载的本质由绝对上限走向相对平衡,研究的对象由单一逐渐复杂,概念核心由物资供需的现象描述转向系统自持的机制研究,承载力的理念由静态容纳深化到系统的可持续发展。

这是一个漫长的认知过程。在生态承载力的演化与发展中,其概念和内涵不仅随着目标对象的发展而深化,也受到方法手段不足的制约;不同时代承载力概念各有特色,体现着承载力的传承与发展。深入剖析承载力产生和演进的历史过程,“什么是生态承载力”也许会有更为具体深刻的解答。

一、承载力概念的起源

承载力的理念最早可溯至 18 世纪末的人类统计学领域。在更早的生态学研究里,研

究者采用指数增长方程描述种群增长动态,它表现在资源空间无限的条件下,种群数量动态将随着时间发展呈指数形增长(Mollues, 1999)(图 1-1)。许多给予充分环境条件的种群研究都证实了指数增长的存在,如 Leverich 和 Leven(1979)对 *Phlox* 种群的回归研究,以及 Nicholson 著名的大苍蝇种群笼箱实验。这些仅反映了种群自身的正反馈,实际情况中,资源往往不可能无限,因此种群的扩张很快就会达到生态系统容忍的上限,因此指数增长只能在种群增长初期的较短时段内观察到。

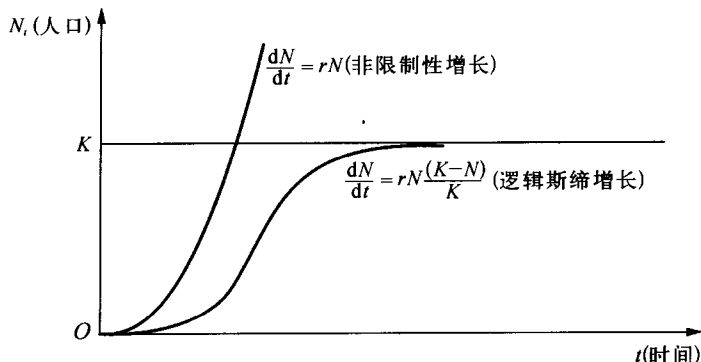


图 1-1 指数增长和逻辑斯谛种群增长曲线

Malthus 及其前辈在研究人口变化时同样认为这种理论并不可取。1798 年,他出版《人口原理》一书,其中资源有限并影响人口增长的理论对之后达尔文进化论、自然选择理论和最初的人类统计学都产生了广泛深远的影响。该理论主要包括以下三个假设:① 食物是人类生存的必需品且是人口增长的唯一限制因子;② Malthus 人口理论的重要组成部分,即人口呈几何级数形式增长;③ 食物生产增长是线性的,与人口的几何增长相比,食物短缺将成必然。Malthus 从最简单的角度考虑了人类需求、物质供应并对其相互关系进行了猜想。基于这三个假设解释他在英格兰观察到的食物匮乏与生活贫困现象,并预测存在永久的食物短缺。但是,Malthus 理论只考虑食物作为限制因子,采取了 18 世纪博物学家机械的自然观,将人和其他物种放在同一个水平上,看作是上帝赋予了固定和独立配置特性的原子组分,通过机械的配置适应环境。1838 年,比利时数学教授 Verhulst 把 Malthus 的基本理论以数学方程的形式描述出来,在对当时的法国、比利时、沙俄与英国艾塞克斯郡进行人口调查后,得出了时间-人口的逻辑斯谛(Logistic)方程(图 1-1)。因子 K 代表了一定资源空间下承载人口的最大值,称为负载量或承载量,也是承载力概念最原初的数学表达形式。

从 Verhulst 的逻辑斯谛方程可以看出,Malthus 理论存在很大的缺陷,如未考虑迁移的影响,将系统假设为封闭的,而且容纳能力和人口增长率不随时间变化,环境被假定为能提供稳定的资源等,因此该理论仅能被短期数据所证实(程国栋,2002)。但是,将资源环境对人口增长的约束用环境容纳能力表示,从而使人类意识到资源和环境的限制作用,奠定了承载力概念的基石,之后所有承载力的概念都可认为是对 K 在定义上的修正和扩充。

1921年, Park 和 Burgess 在人类生态学领域中首次使用了承载力的概念, 并将其定义为在某一特定环境条件下(主要指生存空间、营养物质、阳光等生态因子的组合), 某种个体存在数量的最高极限。这个时期承载力多以“容纳能力”的形式表述, 即对某一具体的研究区域, 在不削弱其未来支持给定种群的条件, 当前的资源和环境状况所能支持的最大种群数量, 也就是最简单的承载体和承载对象的关系(杨志峰、隋心, 2005)。此时承载力概念最鲜明的特点在于它代表了一种最大的极限容纳量, 是一种绝对数量的概念, 没有机制的探讨, 研究对象的范畴也极其有限。“最大容量”作为承载力的定义应用了近130年之久, 但是, 人们在研究种群动态时发现, 最大绝对容纳量往往无法实现, 因为种群在到达稳定的最大值之前便会因过度损害资源而难以为继, 因此在理论最大值之前, 很可能存在另一种更具实际意义的承载“上限”。

1922年, Hawden 和 Palmer 在研究阿拉斯加驯鹿种群时发现, 在种群数量增长并超过某一限度之后, 会有一个急速下降阶段, 并将最终趋于稳定。根据种群增长的逻辑斯谛曲线, 他们针对草场生态系统提出了新的承载力的生态学概念, 即承载力是草场上可以支持的不会损害草场的牲畜的数量。Hawden 和 Palmer 的定义是一个很大进步, 它提出了动物种群和环境状态间相互作用的概念, 将注意力从最大种群平衡($dN/dt=0$, $r=0$)转移到环境质量平衡范围上来, 由绝对数量承载力转向了相对平衡数量, 在承载力的定义中突出了承载体的作用。十几年后, Leopold(1941)也给出了相似的解释, 即容纳能力是区域生态系统能够支撑的最大种群密度变化的范围。不过, 由于生态系统本身的复杂性, 生物与环境以及种群间的交流与多重稳定过程属于非线性关系, 并且受外部环境干扰影响, 生物组分的相互作用以其多元稳态都处于非线性动态变化中, 种群阈值随环境变量的时空变化而改变, 因此自然生物种群的动态性在当时还难以解释, 只提供了静态的概念。但“平衡数量”和“环境平衡范围”理论为承载力选择了新的概念立足点, 也与后来可持续发展理论有着原则上的类似, 成为这一时期承载力理论的一大创新。早期承载力概念一般限于生态领域, 直到20世纪60~70年代, 以应用于人类社会和状态评估的多种单要素承载力概念的出现为标志, 承载力理论出现了第二次大的发展。

二、承载力概念的发展

20世纪30~60年代晚期, 人类在领略第二次工业革命成果的同时, 也意识到了一系列危机。由于人口膨胀和经济发展, 人类对自然环境的破坏日益加大, 土地退化、环境污染、一系列环境公害事件(诸如1943年洛杉矶光化学烟雾事件, 1952年伦敦烟雾事件, 1953年日本水俣事件等)的发生引起了人们对生态系统功能和状况日益广泛的关注。人类学家和生物学家开始将承载力的概念发展并应用到人类生态学中, 于是这一时期针对资源或环境的单要素承载力研究逐渐兴起。人们试图通过对某些关键资源的供需情况以及对敏感环境因子的纳污状况进行分析, 以确定人类活动的强度和方式是否合理, 于是具体应用中承载力的概念与意义也发生了相应变化。尽管在“承载”的含义上同Hawden的观点差异不大, 但研究对象和应用角度的转变标志着承载力内涵从实证型转向了规范型。

(一) 单资源承载力

资源承载力的研究是揭示资源的合理配置、实现资源可持续利用而又偏重定量分析的方法之一。资源承载力是承载力概念和理论在资源科学领域的具体应用,其概念在 20 世纪 80 年代初被联合国教科文组织(UNESCO)定义为:“一个国家或地区的资源承载力是指在可以预见的期间内,利用本地能源及其自然资源和智力、技术等条件,在保证符合其社会文化准则的物质生活水平条件下,该国家或地区能持续供养的人口数量。”在具体实践中,土地资源、旅游资源、水资源和矿产资源都被纳入了承载力的研究中,从而形成了各自的概念和内涵。

1. 土地资源承载力

随着全球人口不断增加,人均耕地面积日趋减少,人类面临粮食危机,土地资源承载力的概念在这样的背景下孕育而生。20 世纪 60~70 年代,承载力的概念从生物学与人类统计学领域发展至人类生态学与应用生态学中,用于分析研究人类个体与环境、人类社会与环境的相互作用,及人类对外部环境的需求。在评价土地资源状况的工作中,提出了土地资源承载力的概念。同 Hawden 等的草场载畜量相比,土地资源承载力本质上并无太大区别。FAO(1977)将每公顷土地的农业产出所能承载的人口数量作为土地承载力的内涵,并进行了农产品热量、蛋白质和食物结构的换算。在这一概念下,美国的 William(1949)、Conklin(1957)、Cameir(1960)及 Brush(1975)等人分别对非洲、热带雨林农业、刀耕火种与轮作方式的土地资源承载力进行了研究。20 世纪 80 年代,中国也开始了类似的研究和应用,但概念上无大的发展。刘季芸等(1994)以广东省 2000 年主要农作物产量及耕地面积、人口的预测为基础,以略低于日本 80 年代初的消费水平作为食物结构标准,求出最大人口承载量,杨晓鹏(1992)、李月辉等(2003)也在土地资源承载力研究领域作了许多研究工作。

与土地资源承载力类似的矿产资源承载力,主要是指在可以预见的时期内,保障正常社会文化准则的物质条件下,矿产资源以直接或间接方式持续供养的人口数量。同土地承载力相比,其主要局限于经济发展的角度,具有刚性、不可再生的特点,这使矿产资源承载力研究更注重时间性、选择性和种类平衡等(徐强,1996)。

2. 旅游资源承载力

从 1841 年 Cock 组织第一次包价旅游至今,旅游业已经成为世界经济的重要组成部分。但是,旅游业的成功和“无烟工业”的思想掩盖了其对社会环境和自然环境的破坏,也使得旅游资源承载力的研究滞后于旅游学其他分支。一个旅游区所能容纳的游客人数并非没有限度的,游人的过度密集会引发许多环境、经济问题和社会矛盾,因此存在容量上的极限值和最适值。

为了详述区域旅游发展容量规模,并建立解决热点旅游区的环境承载力与游客数量之间矛盾的理论基础,1963 年 Lapage 首先引入旅游容量概念(刘晓冰、保继刚,1996),但是没

有提出明确的定义。同期,Butler 和 Kundson 在游憩娱乐领域内认识到,物质体系(指游乐设施、旅游基础设施)的自然承受能力是游客容纳量大小的决定因素。20 世纪 70 年代生态环境问题的日益突出,旅游容量理论逐渐得到重视和发展。Wall 和 Wright(1977)认为旅游容纳量就是指一个地区没有受到不可接受的破坏水平时所能维持的旅游水平,Inskeep 指出旅游容量包括了接待能力和环境承受能力。O'Reilly 则更为深刻地认识到,旅游容量还需要从当地居民的角度考虑,包括环境容量、经济容量和社会容量(Pearce,1983)。

目前对旅游容量仍没有一个统一的认识,“环境容量”以及“空间容量”的概念在研究中占据了主要地位。崔凤军、刘家明(1998)在旅游容量的基础上提出了旅游承载力(TEBC)的概念,是在某一旅游地环境的现存状态和结构组合不发生对当代人和未来人有害变化的前提下,在当地居民心理承受范围之内,在一定时期内旅游地所能承受的旅游活动强度。他们同时提出了由游客密度指数、旅游经济指数以及土地利用强度指数构成的旅游承载力指数(TBCI)及算法,来反映地区在社会文化、经济环境和生态环境三方面对旅游业的支持能力。基于简化 TBCI 公式,他们以岛屿旅游区为对象进行了简单的实例分析。另外,李庆龙(2004)等也提出了类似的旅游承载力的概念。

3. 水资源承载力

水资源承载力是承载力概念与水资源领域的自然结合,但与土地承载力相比,它在国外的专门研究较少,常常仅是在可持续发展问题中得到泛泛的讨论,国外往往使用可持续利用水量、水资源的生态限度或水资源自然系统的极限、水资源紧缺程度指标等来表述类似的含义,且一般直接指天然水资源数量的开发利用极限。因此,国外水资源承载力相关研究多将其纳入可持续发展理论中,如 Rijsberman(2000)用水资源承载力作为城市水资源安全保障的衡量标准,Joardor 从供水角度对城市水资源承载力进行相关研究,并将其纳入城市发展规划中,美国 URS 公司对佛罗里达 Keys 流域的承载能力进行了研究,内容包括承载力的概念、研究方法和模型量化手段等方面。但总体而言,国外较少单独研究水资源系统对社会经济的承载能力,相关理论和实证研究亦不多见。

我国则对水资源承载力较为重视。从 20 世纪 80 年代末期由施雅风等(1992)首次提出后,在全国范围内得到了广泛的关注,尤其是近几年,水资源承载力从概念和内涵、特性和影响因素、研究理论和方法,都得到快速的发展,成为近几年国内水资源领域的研究热点。各种水资源承载力的定义大致可分为三类:第一类首先表现为可供养人口,20 世纪 80 年代 FAO 和 UNESCO 定义为:“在未来不同的时间尺度上,一定生产条件下,在保证正常的社会文化准则的物质生活水平下,一定区域(自身水资源量)用直接方式表现的资源所能持续供养的人口数量”;其次为王浩(2004)对水资源承载力的定义,“某一具体的区域和发展阶段下,以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据,以可持续发展为原则,以维护生态环境良性发展为前提,在水资源合理配置和高效利用的条件下,区域社会经济发展的最大人口容量。”该类定义是国内较早提出的水资源承载力定义。第二类定义了水资源可利用量,如许有鹏(1993)、傅湘(1999)等认为水资源承载力是“在一定的技术经济水平和社会生产条件下,水资源可最大供给给工农业生产、人民生活 and 生态环境保护等用水的能力”,强调了水资源所能供给的量,属于水资源开发容量论或水资源开发规模论,强调

在最大可开发容量下水资源可以自然循环和更新。第三类定义从水-生态-社会经济复杂系统出发,侧重的是区域水资源所能支撑的综合指标,包括人口、经济和环境三方面因素。该类定义较多,如贾嵘(1998)提出的“水资源承载力是指在一个区域或流域的范围内,在具体的发展阶段和发展规模条件下,当地水资源对该地区经济发展和维护良好的生态环境的最大支撑能力”;另外还有冯尚友(2000)、夏军(2002)、陈洋波(2004)和谢高地(2005)等学者的观点。

(二) 环境承载力

环境承载力概念的出现与土地资源承载力的出现类似,在人类面临资源短缺的危机同时,人类对环境的破坏也日渐显现。一方面,区域内环境对污染物的容纳超过环境自净的极限,使资源利用效率降低,而以增加数量的方式对资源的破坏式采集又造成区域环境自净能力进一步下降的恶性循环。另一方面,人类活动对局部环境负面影响过大,造成了一系列公害事件。在这种条件下,有必要对以下两个方面进行研究:① 某区域内对各种污染物的容纳能力大小;② 某区域内人类在不破坏自然环境的前提下可进行的最大限度开发活动。这两方面成为环境承载力概念表述的核心。

1974年,Bishop在《环境管理中的承载力》一书中指出“环境承载力表明在维持一个可以接受的生活水平前提下,一个区域所能永久承载的人类活动的强烈程度。”Schneider强调,环境承载力是“自然或人造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”,因此可以认为是Hawden理论应用在环境领域的拷贝,只不过承载的主体和客体改成了环境和人口,但在概念中明确了主客体之间的关系既包括发展性的正向因子,又存在起限制效果的负向效应。同一时期,“罗马俱乐部”的卓越工作在其著名的《增长的极限》一书中也得到了充分反映。

国内学者叶文虎、唐剑武(1998)将环境承载力定义为:“某一时期,某种环境状态下,某一区域环境对人类社会经济活动支持能力的阈值”。所谓某种环境状态是指“环境系统的结构不向明显不利于人类生存方向转变”(毛汉英、余丹林,2005),同样从主客体两方面体现了“平衡范围”的概念。但是,研究者对资环或环境因子的关注仅体现了承载体的作用,缺乏对人类活动的细致研究和对生态系统的整体考虑。针对生态要素的承载力研究加强了人们对关键生态问题的理解和判断能力,但在承载的概念上却难免片面,得出的结论难以体现发展动态的特征,缺乏整体性的指导意义。很快,随着可持续发展理论的诞生与应用,生态承载力的提出使承载力研究上升到一个新的高度。

三、生态承载力概念的产生

(一) 可持续发展理论的重大影响

20世纪70年代,联合国在斯德哥尔摩召开了第一届以“人类与环境”为主题的世界大

会,人们很快意识到对单资源和环境的关注并不足以解决当时社会发展所遇到的危机。人们从系统生态学以及全球地化循环的角度认识到人类活动从不同尺度直接或间接影响和改变着整个自然生态系统,人类的需求也体现在资源、环境、社会各个方面,因子之间彼此联结、相互影响,将其人为分割并不妥当,而且“如何行动”的问题不断困扰着各个国家的发展。

1983年,以“环境与发展”为主题的第三届世界环境大会,开始把环境与发展联系起来,号召各国在工业化高速发展的过程中保护支撑人类发展的环境。挪威首相布伦特兰夫人1987年在主持联合国世界环境与发展委员会(WCED)时发表长篇报告《我们共同的未来》,其中阐述了可持续发展是“满足当代人需求,又不损害子孙后代满足其需求能力的发展”(WCED,1987),对规范的可持续发展模式进行了理性设计,并对生态环境与人类发展之间的关系作出了深刻反思。这一定义在1992年6月召开于里约热内卢的“联合国环境与发展大会”上得到了一致认可,并提出了“可持续发展战略”,包括生态可持续性、社会可持续性、文化可持续性,超越了单纯的生态环境和人类社会的概念,达到一个相互协调和共同发展的高度,体现了其公平性、持续性与共同性的原则(刘哲培,1996)。1993年,联合国第五届世界环保大会发表了“持续与可持续发展第五届行动环保计划”。这次大会使人们更深刻地认识到环境与人类世代发展的关系,并第一次提出了环境与可持续发展的问题(沈进建,2006)。

如何实现可持续发展?怎样的政策和发展模式才能满足可持续发展的要求?从承载力的角度来看,可持续发展要求在包括人类社会在内的地区、国家乃至全球生态系统中,人类的发展需求要同承载力的提升保持相对一致,同时保证适当的承载潜力空间,是一个协调同步的优化发展过程。可以说,“可承载”是“可持续”的基础和表现形式。IUCN、UNEP、WWF在1991年的《保护地球》中对承载力描述为:“地球或任何一个生态系统所能承受的最大限度的影响就是其承载力,人类对这种承载力可以借助于技术而增大,但往往是以减少生物多样性和生态功能作为代价的,然而在任何情况下,也不可能将其无限的增大。”而Daily和Ehrlich(1992)认为,限制人口增长的主要因素不是人口数量本身,而是人类社会对生态系统造成的压力,其影响因子包括了体制配置、人类价值、传统、经济和消费模式、分配以及基础设施等。Daily和Ehrlich(1992)强调:“可持续的过程是能够维持而不会产生中断、削弱或者丧失重要品质的过程。可持续性的人口处在或低于任何承载力水平的必要和充分条件。”

可持续发展理论为承载力带来了全新的视角,促使人们对承载力的含义和要素作出更全面深刻的思考:

(1) “承载”的含义

以往“承载”的概念仅指生态系统对承载对象的容纳,因此承载力以某种最大容量或平衡容量加以定义,将二者关系视为简单的对立和单纯的供需平衡。可持续理论的公平性、持续性与共同性原则要求“承载”不仅实现满足承载体存在和发展的需求,更将承载作用的主客体统一于一个大的区域生态系统,把系统的稳定与可持续协调发展、正向演化和功能提升视为“承载”最重要的内涵,而多时相、多角度的可“承载”,是实现可持续的基础。

(2) 承载力的构成要素

可持续理论下以区域生态系统的健康发展作为承载的标准,必然使承载力的构成成

分极大丰富,由单一载体和承载对象组成的简单系统发展到“自然-经济-社会”复合系统,承载对象不能再限于单一的人口增长,而需要包括人口、经济活动、社会组织、科技进步等多方面有机结合的社会发展过程;载体需要相应的扩展,包含的要素需要体现着系统的供给和自持两方面的作用。而在载体和承载对象内部、载体和承载对象之间错综复杂的关系网,则是承载力概念实现的基础。

(二) 基于可持续理论的生态承载力

1. 可持续的生态承载力概念

可持续理论的进入,极大地丰富了承载力的内涵,以区域“自然-经济-社会”复合生态系统的协调发展为目标的转变,使承载力研究同可持续发展紧密结合。一方面人们把可持续的概念应用于早先对资源或环境因素的承载力研究,形成了可持续资源和环境承载力的概念;另一方面以区域为对象的可持续生态承载力的概念逐渐兴起,为可持续研究提供评判基础。二者并无本质的区别,但组织尺度不同,后者站在区域可持续发展的高度。

高吉喜(2001)认为,“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。”此概念以人类社会为核心,以生态系统的过程机制为支撑骨架,以可持续为认知标准,强调特定生态系统所提供的资源和环境对人类社会系统良性发展的支持能力,涵盖资源与生态环境的共容、持续承载和时空变化,而且应该更多地考虑到人类价值的选择、社会目标和反馈影响。同时,这种能力可以发展,亦会衰退,主要取决于人类能动作用的方式是否符合可持续发展的理念和生态系统自组织过程的客观规律。

加入尺度的限定,突出复合系统的功能与交互作用,本研究认为:生态承载力指不同尺度区域在一定时期内,在确保资源合理开发利用和生态环境良性循环,以及区域间保持一定物质交流规模的条件下,区域生态系统能够承载的人口社会规模及其相应的经济方式和总量的能力。它有如下特点:

(1) 客观性

客观性是生态系统的固有特点之一,主要表现在生态系统的自我调节能力与弹性限度,或是资源的供给与环境容量这一方面为抵抗外力干扰破坏提供基础,也为生态系统向更高层次发育奠定基础。

(2) 多尺度

尺度的概念包括时间和空间两个方面:① 生态承载力有明确的空间尺度。不同空间尺度的对象,系统结构和生态过程不同,其生态承载力也截然不同;② 可持续理论赋予生态承载力显著的多时相特征,而人类需求强度和资源环境均可随时间变化,使生态承载力呈现出明显的动态特征。

(3) 自相关性

区域是一个开放系统。某一区域生态承载力的提高可能带动周边地区同步发展,体