

国土资源部海岸带开发与保护重点实验室系列丛书

Evaluation of Land Comprehensive Carrying Capacity
in the Coastal Areas of Jiangsu Province

江苏沿海地区 土地综合承载力评价研究

朱凤武 严长清 高永年 贾克敬 鲍桂叶 等 著



科学出版社

国土资源部海岸带开发与保护重点实验室系列丛书

江苏沿海地区土地综合承载力 评价研究

Evaluation of Land Comprehensive Carrying Capacity
in the Coastal Areas of Jiangsu Province

朱凤武 严长清 高永年 贾克敬 鲍桂叶 著

“十二五”国家科技支撑计划课题

“海岸带滩涂生态化开发关键技术研究示范”(2012BAC07B01)

资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统分析了土地综合承载力评价的理论方法基础、江苏沿海地区土地综合承载力对象特征,构建了江苏沿海地区土地综合承载力评价指标体系,分析评价了江苏沿海地区城乡建设用地的匹配性、人口的匹配性特征,分析了江苏沿海地区土地综合承载力单指标的承载现状、承载阈值和承载潜力,评价了江苏沿海地区土地综合承载力的总体状态,预测了江苏沿海地区不同发展情景下的土地综合承载力,识别了江苏沿海地区现状与未来不同情景下土地综合承载力的短板与限制性要素,提出了提升江苏沿海地区土地综合承载力对策建议。

本书可供从事土地资源管理、地理、资源、环境、区域发展与规划等学科的科研技术人员、大专院校师生、政府部门有关人员和广大有兴趣的社会公众阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

江苏沿海地区土地综合承载力评价研究 / 朱凤武等著. —北京: 科学出版社, 2015.6

(国土资源部海岸带开发与保护重点实验室系列丛书)

ISBN 978-7-03-044334-2

I. ①江… II. ①朱… III. ①沿海—地区—土地承载力—综合评价—江苏省 IV. ①C923

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 105638 号

责任编辑: 卢柏良 周 丹 / 责任校对: 郑金红

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 许 瑞

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 8 月第一次印刷 印张: 12

字数: 242 000

定价: 89.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《江苏沿海地区土地综合承载力评价研究》

著者名单

著者名单（按拼音排序）

鲍桂叶 高永年 黄 琪

贾克敬 金志丰 束邱恺

王 静 严长清 杨兴典

朱凤武

前 言

江苏沿海地区属我国沿海、沿长江和沿陇海—兰新线三大生产力布局主轴线交会区域,区位优势独特,战略地位突出,社会经济发展潜力巨大。2009年国务院正式批复同意颁布实施《江苏沿海地区发展规划》,江苏沿海发展战略上升为国家战略。随着江苏省沿海地区经济社会的迅猛发展,工业化、城镇化进程的不断加快,人地关系日益紧张,生态环境风险逐渐显现。2013年11月12日中国共产党第十八届中央委员会第三次全体会议《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》指出“建立资源环境承载能力监测预警机制,对水土资源、环境容量和海洋资源超载区域实行限制性措施”,国家层面日益重视资源环境承载力与社会经济发展的协调统一。因此迫切需要开展土地综合承载力调查评价研究,摸清土地资源现状和综合承载能力。开展江苏沿海地区土地综合承载力评价研究体现了江苏沿海地区土地开发建设和城乡建设用地空间优化配置的需要,体现了江苏沿海地区土地可持续利用与生态文明建设的需要,体现了江苏沿海地区统筹发展的需要,具有很大的现实意义。

本书共分10章。第1章介绍了江苏沿海地区土地综合承载力评价的背景、意义、内容、技术路线、国内外相关研究进展以及研究区概况;第2章分析了土地综合承载力的内涵、组成与土地资源承载力、水资源承载力和生态环境承载力的关系以及其评价的理论与方法基础;第3章分析了江苏沿海地区土地承载力对象,即土地利用、社会经济、生态环境变化特征;第4章阐述了土地综合承载力指标体系构建的原则,从建设承载力、人口承载力、经济承载力和生态环境承载力等几个方面进行了江苏沿海地区土地综合承载力评价指标体系预选与筛选,介绍了承载力指标调查及其数据库建设情况;第5章系统分析了江苏沿海地区城乡建设用地承载能力的数量及其空间分布,评价了其现状城乡建设用地的匹配性特征;第6章系统分析了江苏沿海地区人口承载能力的数量及其空间分布,评价了其现状人口的匹配性特征;第7章详细分析了江苏沿海地区建设承载力、人口承载力、经济承载力和生态环境承载力各指标的承载现状、承载阈值和承载潜力,并指出了主要的短板与限制性要素;第8章对江苏沿海地区土地综合承载力的总体状态特征进行了评价,并对影响土地综合承载力的动因进行了分析;第9章预测了江苏沿海地区未来不同发展情景下的土地综合承载力状况,并对可能的短板与限制性要素进行了分析;第10章针对江苏沿海地区土地综合承载力评价结果,总结了主要的研究结论,并针对性地提出了提升土地综合承载力的相关对策建议。

本书各章撰写人员如下:第1章由朱凤武、严长清、贾克敬、高永年、鲍桂叶撰写,第2章由高永年、朱凤武、黄琪、王静、束邱恺撰写,第3章由严长清、杨兴典、束邱恺、金志丰、王静撰写,第4章由鲍桂叶、朱凤武、高永年、贾克敬、杨兴典撰写,第5章由高永年、贾克敬、严长清、鲍桂叶、杨兴典撰写,第6章由黄琪、高永年、金志丰、

杨兴典、王静撰写，第7章由高永年、朱凤武、贾克敬、严长清、鲍桂叶撰写，第8章由朱凤武、高永年、贾克敬、严长清、鲍桂叶撰写，第9章由严长清、高永年、鲍桂叶、金志丰、杨兴典撰写，第10章由朱凤武、严长清、鲍桂叶、金志丰、杨兴典撰写。全书由高永年、严长清、鲍桂叶负责整理统稿，由高永年定稿。

本书是国土资源部重点地区土地综合承载力调查评价项目（编号：DCPJ131208-01）“江苏沿海地区土地综合承载力调查评价”课题、江苏省国土科技项目（编号：201204）“陆海统筹视角下的海岸带土地开发利用及其政策创新研究”成果的总结。感谢宿迁市国土资源局陆效平局长对此工作的持续支持和关注；感谢虞孝感研究员、倪绍祥教授等提出的宝贵意见和悉心指导。研究和专著撰写过程中还得到中国土地勘测规划院、江苏省国土资源厅、南通市国土资源局、盐城市国土资源局、连云港市国土资源局等单位的帮助，在此一并致谢。

由于作者学术水平有限，书中难免存在许多不足之处，我们殷切期望学术界同行和广大读者不吝给予批评指正，以促进区域土地综合承载力评价理论和实践的发展。

作者

2015年4月

目 录

前言

第 1 章	绪论	1
1.1	研究背景与意义	1
1.2	研究内容与技术路线	2
1.3	研究进展	3
1.4	研究区概况	10
第 2 章	土地综合承载力评价理论方法基础	13
2.1	土地综合承载力的内涵	13
2.2	与其他承载力的关系	15
2.3	评价理论基础	16
2.4	评价方法基础	21
第 3 章	土地综合承载力对象分析	30
3.1	土地利用	30
3.2	社会经济	37
3.3	生态环境	41
第 4 章	土地综合承载力评价指标体系与数据制备	50
4.1	土地综合承载力评价指标体系构建原则	50
4.2	土地综合承载力评价指标预选	51
4.3	评价指标体系最终方案筛选	55
4.4	承载力调查与数据库建设	57
第 5 章	城乡建设用地承载的匹配性分析与评价	60
5.1	城乡建设用地承载能力分析	60
5.2	城乡建设用地承载的匹配性评价	68
第 6 章	人口承载的匹配性分析与评价	72
6.1	人口承载能力分析	72
6.2	人口承载力匹配性评价	91
第 7 章	土地综合承载力单指标分析	95
7.1	建设承载状况	95

7.2	人口承载状况	100
7.3	经济承载状况	114
7.4	生态环境承载状况	123
7.5	预警分析与短板要素判定	130
第 8 章	土地综合承载力总体评价	144
8.1	总体状态评价方法	144
8.2	综合承载指数及其空间差异	146
第 9 章	土地综合承载力情景预测	152
9.1	承载对象规模情景预测	152
9.2	承载指标情景预测及趋势比较	164
9.3	预测年短板要素与限制性要素	165
第 10 章	结论与建议	169
10.1	主要结论	169
10.2	主要建议	171
参考文献		177

第1章 绪 论

1.1 研究背景与意义

江苏沿海地区南至长江北堤、北至苏鲁边界,西与徐州、淮阴、扬州、泰州四市相邻,东临黄海。行政上隶属于南通市、盐城市和连云港市,属我国沿海、沿长江和沿陇海兰新线三大生产力布局主轴线交会区域,区位优势独特、土地后备资源丰富、战略地位突出、社会经济发展潜力巨大。2009年6月10日,国务院常务会议审议并原则通过了《江苏沿海地区发展规划》;7月4日,国务院正式批复同意颁布实施这个规划,它标志着江苏沿海开发省域规划上升到国家规划,江苏沿海发展战略上升为国家战略。之后,江苏省沿海地区经济社会发展迅猛,城市化进程不断加快,人地关系日益紧张,大规模开发对沿海地区生态环境造成胁迫,潜在生态风险逐渐显现,生态环境成为不可避免的现实问题,因此迫切需要开展土地综合承载力调查评价,摸清土地资源现状和综合承载能力;2013年11月12日中国共产党第十八届中央委员会第三次全体会议《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》(中共中央编写组,2013)指出“建立资源环境承载能力监测预警机制,对水土资源、环境容量和海洋资源超载区域实行限制性措施”,国家层面日益重视资源环境承载力与社会经济发展的协调统一,土地承载力是资源环境承载力的一项重要内容。传统的土地承载力研究主要集中在耕地人口承载力即耕地粮食生产所能承载的人口数量上,代表性的有20世纪70~80年代初由联合国粮农组织(FAO)主持的土地资源人口承载力研究(FAO,1982)以及1986年由中国科学院自然资源综合考察委员会主持的《中国土地资源生产能力及人口承载量研究》(陈百明,1991a)。随着时间的推移,土地承载力由原先的耕地人口承载力逐渐向土地综合承载力等领域(王书华和曹静,2001;王书华和毛汉英,2001;许联芳和谭勇,2009;陈珏等,2011;胡光伟等,2012;李兰图等,2011;曾璐和彭敏,2012;王翠华等,2012;周瑞平等,2013;Liu,2012;Lane,2010;Lane et al.,2014)拓展,但土地综合承载力的内涵、指标体系的设置以及评价方法等方面仍处在不断探索与完善阶段。本研究试图在这方面做初步的尝试,并以江苏沿海地区为研究区开展土地综合承载力案例评价工作。开展土地综合承载力评价体现了江苏沿海地区统筹发展的需要,并将促进该区域土地资源合理配置,为重点区域进行宏观决策提供技术支持和保障。

本研究也是“2013年重点地区土地综合承载力调查评价”项目的重要内容,是土地资源调查评价的延续项目,属于国土资源调查评价“十二五”规划重点任务——“土地资源调查与评价”的重要研究内容。继选择上海市、南昌市、兰州市、呼和浩特4个重点城市及长株潭城市群、桂西资源富集区等区域开展土地综合承载力评价

后, 2013 年项目组进一步选择了江苏沿海地区开展土地综合承载力评价工作, 目的是了解东部土地利用矛盾突出地区和陆海统筹区域土地综合承载力特点和土地利用潜力, 为补充完善土地综合承载力调查评价技术规范, 研究探索建设用地适宜性评价技术提供参考。

1.2 研究内容与技术路线

1.2.1 研究内容

本研究通过土地资源、水资源、生物资源、地质环境、生态保护、环境容量等基础数据的收集, 建立符合江苏沿海地区实际的区域土地综合承载力数据集和指标体系, 初步了解东部土地利用矛盾突出地区和陆海统筹区域土地综合承载力特点与土地利用潜力, 判别江苏沿海地区国土开发利用资源生态环境的空间适宜性和限制性, 并进行土地综合承载力状态和潜力评价, 划分空间限制区域, 为相关部门编制宏观发展规划及制定相关政策提供支撑, 为江苏乃至国家宏观发展规划及土地政策的制定提供支撑。具体内容如下:

(1) 收集整合土地综合承载力评价基础数据。根据研制的土地综合承载力评价指标体系和方法的数据需求, 分别收集整合江苏沿海地区的土地资源、水资源、生物资源、地质环境、生态保护、环境容量等基础数据, 建立江苏沿海地区的社会、经济、人口、资源、环境等综合要素数据库。

(2) 评价与预测江苏沿海地区土地综合承载力。综合考虑江苏沿海地区土地及相关资源环境禀赋和土地利用特点, 构建评价指标体系, 建立评价模型, 对江苏沿海地区的土地综合承载力进行评价和测算, 识别江苏沿海地区土地承载的短板与限制性要素, 判别国土开发利用的适宜性和限制性, 预测土地综合承载力发展态势。

(3) 江苏沿海地区土地综合承载力状况判断与等级划分。江苏沿海地区连云港、盐城、南通市资源禀赋、社会经济发展程度存在一定的不平衡, 从而导致不同区域承载力状况有所差异, 依据土地综合承载力计算模型和承载力计算结果对江苏沿海地区三市进行土地综合承载力状况判断和等级划分, 同时对可载能力做出判断, 并针对江苏沿海地区土地综合承载力现状提出相关的政策建议。

1.2.2 技术路线

依据研究目标和研究内容, 提出以下技术路线(图 1-1)。

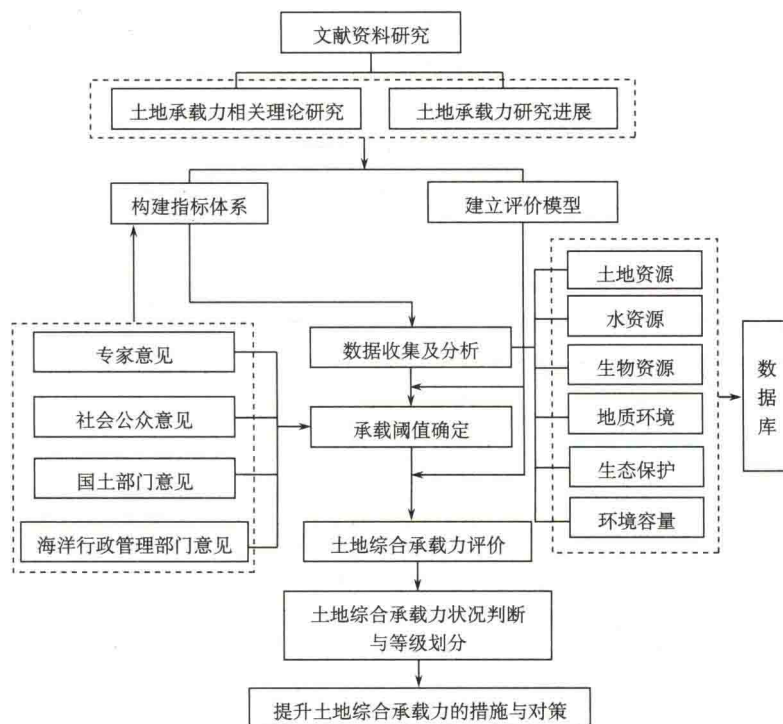


图 1-1 江苏沿海地区土地综合承载力评价技术路线

1.3 研究进展

1.3.1 土地综合承载力概念与内涵研究进展

承载力 (carrying capacity) 最初是物理学概念, 多用在建筑工程或地质工程中, 表示“承压”、“载重”的含义。地球自然环境与生物之间, 也存在着这种最基本的承压关系。地球上的生物, 特别是人类, 通过消耗、占用自然生态系统及其服务功能而生存, 同时向其赖以生存的自然环境施加压力。但是地球生物圈的能力是有限的, 当生物对自然界施加的压力超过其限度时, 生物数量就不会再增加。这种承载和压力关系, 在生态学上借鉴承载力指标来衡量自然环境承受生物生存压力的弹性限度。

随着社会经济的发展和人口不断增长, 资源开发利用约束趋紧, 生态系统退化, 环境污染问题愈发严重, 承载力的概念被引入生态学领域。威廉·福格特 (1948) 在其专著《生存之路》中提出了量化土地资源承载力表达式: $C=B/E$; 其中 C 为土地资源承载力 (包括人和其他动物), 用于表征土地向人与动物提供饮食和住宿的能力; B 指生物潜力, 表征土地所能够提供住所、衣着与粮食的能力; 而 E 则为环境阻力, 即环境对生物潜力所加的限制。1798 年英国学者马尔萨斯提出人口论, 认为人口数量受自然环境 (粮食) 的限制, 不可能无限地增长下去。其中隐含了承载力的概念内涵, 为承载力的后期发展奠

定了一块坚实的基石, 1798 年马尔萨斯的《人口原理》一书中对比了人口的再生产与粮食再生产, 拉开了早期土地资源人口承载力研究的序幕。1838 年, 比利时数学家 Pierre F. Verhulst 提出 Logistic 人口增长方程, 用数学方法表达了马尔萨斯人口论, 为承载力理论提供了数学表达公式, 使承载力具有了一个明确的数学意义 (Seidl and Tisdell, 1999)。

19 世纪 80 年代后期, 美国牧场主和农业部研究人员使用“承载力”这一生态学概念表示一个有限的放牧区域和时间内不对牧场资源产生危害的最大牲畜数量, 这个概念在 1906 年得到美国农业部正式采用。1921 年, Park 和 Burgess 首次将承载力的概念引入了人类生态学研究中, 定义为在某一特定条件下, 一个区域的食物供给最多可以养活多少人口。此后, 其他学者进一步深化了承载力的概念, 如美国学者 Allan 在 1949 年将土地承载力定义为: “在维持一定水平并不引起土地退化的前提下, 一个区域能永久地供养人口数量及人类活动水平”。1953 年, Odum 将 Logistic 增长曲线的理论最大值常数 K 定义为承载力概念中的“种群数量增长的上限”, 将承载力概念和 Logistic 增长曲线联系在一起, 使承载力概念有了较为清晰和准确的数学表达式 (Odum and Wolfgang, 1963)。英国学者威廉·阿伦在 1965 年也提出土地承载力的概念, 即以土地面积不变, 区域土地所能负荷的人口极限密度。1970 年威廉·福格特明确提出土地资源人口承载力就是土地提供饮食和住所的能力, 是生态学上承载力概念的进一步延伸。1972 年罗马俱乐部发表了 Maedows 等所著研究报告《增长的极限》, 它延续了马尔萨斯人口论的观点, 认为地球生产粮食的土地、可供开采的资源和容纳环境污染能力是有限的, 不能支持人类经济的无限增长, 该研究成为“整个人类承载力研究过程中一个极为重要的里程碑” (张林波, 2009)。

1977 年, 联合国粮农组织 (FAO) 用定性定量相结合的方法进行了《发展中国家土地潜在人口支持能力》研究, 开启了土地承载力的研究。联合国教育、科学及文化组织 (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO) 于 1985 年提出“资源承载力”是指“在可预见的时期内, 一个国家或地区利用该地的矿产资源和自然资源, 以及工艺水平、人员素质、技能等条件, 在保证与其社会文化准则相符的物质生活水平下能够持续供养的人口数量”。1987 年世界与环境委员会发表《我们共同的未来》研究报告, 将在 20 世纪 70 年代已经出现的“可持续发展”一词正式向全世界提出 (Brundtland, 1987), 之后著名的巴西里约热内卢会议通过《21 世纪议程》并将“可持续发展”列为各国今后发展的必选模式。1995 年, Joel E. Cohen 也在 *Science* 上发表“Population growth and Earth's human carrying capacity”, 提出适用于人类承载力的理论 (Cohen, 1995)。同期, Sagoff 在 *Bioscience* 的“Carrying capacity and ecological economies”, 以及 Daily 和 Ehrlich 随后对 Sagoff 观点的评述, 均是从经济、社会、环境各方面对全球人类承载力的综合分析探讨 (Sagoff, 1995; Daily, 1996)。这些研究均认为人类本身的生存方式, 如经济、社会、文化等因素, 与自然条件一起决定着人类承载力。随着全球人口不断增加, 工业化国家经济迅速发展, 环境污染与资源短缺问题日益严重, 人类在土地、淡水资源、森林资源、矿产资源、旅游资源、生态环境、生态系统等领域进行承载力研究。土地综合承载力研究综合了土地负载力、地域容量、地域潜力等相关概念。国外研究承载力内涵的演变见表 1-1。

表 1-1 国外研究承载力内涵的演变

名称	时间	来源	内涵
土地资源人口承载力	1798 年	马尔萨斯	人口数量受自然环境（粮食）的限制，不可能会无限制地增长下去
人口增长方程	1838 年	Pierre F. Verhulst	Logistic 人口增长方程
人口承载力	1921 年	Park 和 Burgess	在某一特定条件下，一个区域的食物供给最多可以养活多少人口
种群承载力	1922 年	Hawden 和 Palmer	不损害环境条件下，种群的最大规模
土地资源承载力	1948 年	威廉·福格特	$C=B/E$ ， C 为土地资源承载力（包括人和其他动物）指土地向人与动物提供饮食和住宿的能力； B 指生物潜力，即土地所能够提供住所衣着与粮食的能力； E 为环境阻力
土地承载力	1949 年	Allen	在维持一定水平并不引起土地退化的前提下，一个区域能永久地供养人口数量及人类活动水平
资源承载力	20 世纪 70 年代到 1985 年	FAO 和 UNESCO	可预见时期内，利用该地的能源和其他自然资源及工艺水平、人员素质、技能等条件，在保证与其社会文化准则相符的物质生活水平下能够持续供养的人口数量

在中国，任美镔最早注意到承载力研究的重要性，在 20 世纪 40 年代首先计算了土地承载力。1986 年，土地资源人口承载力的定义首次由中国科学院自然资源综合考察委员会在《中国土地资源生产能力及人口承载量研究》中提出：“在一定生产条件下土地资源的生产能力和一定生活水平下所承载的人口限度”。此后，一些学者在对土地人口承载力和土地资源承载力的概念进行了探讨的基础上，对土地综合承载力进行了定义：王书华等（2001）指出土地综合承载力是指在一定时期和一定空间区域以及一定的社会、经济、生态环境条件下，土地可以承载的人类各种活动的规模和强度的阈值；曹月娥（2005）则提出土地综合承载力是指在当前的发展阶段下，依据可预见的技术、经济和社会水平，以维护人类生态环境的良性（安全）发展为前提，以可持续发展为原理，土地资源可以承受的最大人口规模和城镇发展规模。中国国土资源经济研究院（2005）提出土地资源承载力定义：在一定时期、一定空间区域和一定的经济、社会、资源、环境等条件下，土地资源所能承载的人类各种活动的规模和强度。并且提出了资源、环境、生态、经济、社会承载力 5 方面内容。土地资源承载力是一个综合的概念，具有多重目标。因此，土地综合承载力应包括 3 个方面的内容：土地人口承载力、土地资源承载力和土地生态承载力，其概念可以概述为：一定时期，一定区域，一定的社会、经济及生态条件下，在不超过土地所能够承受的各种人类活动的限度的前提条件下，所创造出的能满足人类生活所需的各种价值包括自然价值、社会价值以及生态价值。国内研究承载力内涵的演变见表 1-2。

表 1-2 国内研究承载力内涵的演变

名称	年份/年	来源	内涵
土地资源人口承载力	1986	中国科学院自然资源综合考察委员会	在一定生产条件下土地资源的生产能力和一定生活水平下所承载的人口限度
环境承载力	1995	崔凤军	在某一时期、某种状态或条件下，某地区的环境所能承受的人类活动作用的阈值
生态承载力	2001	高吉喜	生态系统自我维护、自我调节能力，资源与环境子系统的供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
土地综合承载力	2001	王书华等	在一定时期，一定空间区域，一定社会、经济、生态环境条件下，土地资源所能承载的人类各种活动的规模和强度的阈值
土地综合承载力	2005	曹月娥	指在当前的发展阶段下，依据可预见的技术、经济和社会发展水平，以维护人类生态环境的良性（安全）发展为前提，以可持续发展为原理，土地资源可以承受的最大人口规模和城镇发展规模

1.3.2 土地综合承载力方法研究进展

土地综合承载力研究方法主要包括人口、经济和资源环境承载力要素总量估算，承载状况评价和模型模拟等（表 1-3）。

表 1-3 承载力评价方法

方法	考虑因素	适用范围
资源总量推算	现有资源总量、人均消耗量	水、土等要素资源承载力评价
模型模拟估算 系统动力学模型	城市系统的非线性结构和动态特征	承载力长期发展情况模拟预测；长远目标下，确定区域发展优先方案
相对比较 背景分析法	研究区与参照区关系	承载力静态评价
目标比较法	城市发展目标	
供需差量计算 资源需求量法	资源存量、需求量	单要素资源承载力评价
状态空间法	人类活动、资源、环境生态生产性土地	定量描述系统承载状态
生态足迹法		土地资源人口承载力分析
综合比较 综合评价法	承载系统内涵与构成要素	承载力时空差异比较

1. 承载力要素总量估算

承载力最初的研究中，多进行“最大人口数量”的定义和计算，因此传统的承载力评价均是以承载力人口极值的估算为主要评价目的。人口极值的估算方法又包括：资源

总量推算法和借助于系统模型的模拟估算方法。

在我国土地和城市规划体系,特别是城市土地和城市规划体系中,都有明确和严格的土地供给总量和人均用地标准(封志明,1994),因此借助于土地总量和人均用地标准,可以从土地供给总量和人均用地需求标准来计算土地承载力。相关研究在土地生产潜力计算、城市土地利用规划等成果中得到体现(Knaap, 1998; 刘徐洪, 2006; 杨亮等, 2010)。

水资源对于人口数量的限制表现在多个方面,通过可利用或可开采的水资源总量可以计算生态环境需水量和各个部门的用水总量和比例,通过水资源状况可以计算经济规模和人口数量。

由于上述基于水、土等资源总量推算人口承载力的方法概念简单,操作性强,而且能够与相应的规划进行衔接和配合,因此适用于单要素承载力评价。然而,这些方法应用中常存在一定的不确定性,一方面是人均消耗标准的确定具有一定争议,多数依靠可供参考的经验性标准(Knaap and Moore, 2000);另一方面,这类方法均将人类经济发展视为外生量,不反映人的能动性,对于复杂系统间耦合关系存在忽略(徐中民, 1999)。所以,该方法在应用中应结合实际状况合理使用,对于计算结果应当合理解释说明。

2. 承载状态评价方法

承载状态评价是对区域发展状况与其承载力水平的相适应情况进行定性评价,通常以需要划分不同的等级,如超载、满载、富余等进行描述。常用的方法可分为相对比较法、供需差量法和综合评价法。

1) 相对比较法

相对比较法指以理想状态为参照的目标比较方法,包括背景分析法和目标比较法。其中,背景分析法是在一定时段内,将自然与社会背景相似的区域现状进行对比,得出相对于参照区的承载状态;目标比较法则是将城市或区域提出的发展目标或指标,如生态城市指标体系、可持续发展指标体系等,与发展现状进行比较,得出相对于发展目标的承载状态。该类方法简单易行,选取因子较少,多用于承载力静态评价(姚治君, 2002)。

2) 供需差量法

供需差量法就是将需求与供给进行比较,供大于求时即“富余”,反之则“超载”。该方法虽然原理简单易懂,但对于“供”与“求”的计量统计,无论概念范畴还是在时空尺度上均存在较大差异。如目前使用较多的资源需求差量法、生态足迹的评价方法可归于此类。

资源需求差量法是根据资源存量与需求量以及生态环境现状和期望状况间的差量来确定区域承载状况。该方法认为,承载力体现了一定时期、一定区间的生态环境系统对区域社会经济发展和人类各种需求在“量”(各种资源量)与“质”(环境质量)方面的满足程度。因此,区域承载力的衡量应从该地区现有的各种资源量与当前发展模式下社会经济对各种资源的需求量之间的差量关系,以及该地区现有的环境质量与当前人们所需求的生态环境质量之间的差量关系入手(王中根和夏军, 1999; Russell et al., 2003)。

该方法简单易行,常用于单要素资源承载力评价。

生态足迹(ecological footprint, EF)分析法进行承载状态评价,主要是将生态足迹与生态承载力进行比较,得出“生态赤字”、“生态盈余”等承载状态,确定人类生产活动对自然的占有与自然所能提供的生态服务状况之间的关系(Ree, 1992; 1994)。生态足迹指支持特定人口或经济体的资源消费和废弃物吸收所需的具有一定生态生产力的土地面积,是可持续发展的量化指标之一(Wackernagel et al., 1996; 1999)。它把消费与提供消费物质和吸纳废弃物所需要的各类土地联系起来,表示特定区域消费活动所占用的土地总量,以生态生产性土地面积来度量人类消费对生态资源的占用和对生态环境的冲击(窦贻俭, 2004);与表示区域土地总供给的生态承载力通过大小比较,即得出区域生态赤字的水平。生态足迹法多见于区域长时间序列承载状态评价研究,预测生态赤字的发展趋势及影响因子(Yue et al., 2006; 韩晓卓, 2006; 陈成忠, 2009)。由于生态足迹测算的方法、精度和速度方面都存在争议,除传统的资料统计方法(徐中民等, 2000; 2001; 徐中民和苏志勇, 2002),目前国内外相关文献中少有其他关于生态足迹预测的模型方法(常斌等, 2007; 曹淑艳和谢高地, 2007)。因此,生态足迹分析方法及其指标还在不断改进,其研究模型处在不断演进之中(曹淑艳和谢高地, 2007)。

3) 综合评价法

承载力水平的综合评价是指在统一的评价指标和标准下,对不同区域,或同一区域不同时间的承载力进行量化评分,分析区域承载力空间差异或时间变化情况,可以得出承载力水平“高”、“低”等评价结论(Kyushik et al., 2005)。

综合比较采用构建指标体系的综合指标评价法,将反映被评价事物不同方面的多项指标信息用一定方法加以汇集,得到一个对该事物整体评价结果的综合指标,以此从整体上反映被评价事物的整体情况。多项指标汇集而成的指标体系是一个科学的、完整的整体,指标间相互联系、相互制约,从不同方面反映评价事物的特征。由于指标体系是具有多层次、多指标的复合体系,常因构建者对承载力内涵、影响因子理解的不同而存在较大差异,这些差异主要体现在指标体系层次结构、指标选取及指标权重确定等方面。同时,综合评价法在使用过程中包含了多种计量分析方法,是一种集成式的评价方法。在指标数据的量化处理过程中,可采用综合指数法、主成分分析法、因子分析法、熵值法、模糊综合评判法等;指标权重确定中,有层次分析法、专家评价法等。

综合评价法考虑因素全面、灵活,能够反映承载力系统的构成及主次因素,体现其层次性。通常适用于承载力时空差异分析、影响因素分析等评价指标层次较多的研究(王学军, 1992; 赵雪雁, 2006; 罗雁文等, 2009)。由于评价过程中要求构建的指标体系具有通用性,可适用于所有评价单元,因此考虑因素较多,指标体系复杂,所需数据资料较多,工作量较大。

以上提及的承载力评价方法常带有各领域的特点,适用于不同领域的承载力评价。至今,国内外学者仍在不断研究承载力的合理度量。

3. 承载状态模拟

基于系统模型对区域发展进行仿真模拟,可得出不同情景下区域承载的人口极值。

该类方法以区域发展模拟和容量分析为主,综合考虑影响承载力的各种因素,把区域承载力看作一个整体系统,对人口规模进行动态的定量计算。不仅可用于水资源、土地资源等单要素承载力评价(杨建强和罗先香,1999;陈兴鹏和戴芹,2002;徐毅和孙才志,2008),更适用于系统承载力的定量估算。

最典型的模型模拟估算方法是系统动力学模型。系统动力学模型(system dynamics, SD)是一种以反馈控制理论为基础,以计算机仿真技术为手段,用于研究复杂的社会经济系统的定量方法,应用SD模型进行承载力估算可追溯到1972年罗马俱乐部的《增长的极限》一书。其中的世界模型就是由正规的系统动力学流动图解来表示的标准或物理量,并描绘了人口、人均工业产量、人均粮食、污染、不可再生资源等八个量从1900年到2100年在时间上的发展变化。随着城市复合生态系统理论的逐步完善,SD模型在城市领域的研究也越来越多,涉及人地关系(Verburg et al., 2002)、可持续发展(Newman et al., 1999)、社会经济发展(Roseland, 2000)、城市发展模式(Cheng and Masser, 2003)、区域城市化与生态环境耦合发展(陈书忠等, 2010),以及城市基础设施规划(王其藩等, 1998)、土地利用总体规划(刘雁和傅鸿源, 1996)、城市生态系统承载力评价(张林波, 2009)等研究。

与传统的数学模型相比,系统动力学模型的理论与方法更能充分刻画城市系统的非线性结构和动态特征(成思危, 1999),并可以灵活地进行多方案比较择优及多指标增长预测(陈冰等, 2000; 吴松, 2008),尤其适用于城市长时间序列的发展模拟。但是,一方面由于参变量掌握困难,对长期发展情况进行模拟时容易导致不合理结论,大多只应用在区域中短期发展情况的模拟(徐中民, 1999);另一方面,由于不同的城市系统所建立的SD模型不同,所以只能针对一个城市进行发展模拟,而不能进行城市间以及内部承载力的空间差异比较。

1.3.3 研究评述

虽然国外对人口承载力、环境承载力、生态承载力研究等方面,针对区域土地综合承载力进行研究的文献较少,但是国外有关承载力研究的文献对理清承载力发展脉络、概念内涵、发展脉络、承载力作用等具有重要的参考价值。

国内对于土地综合承载力的评价,基本上都是先构建了相应的评价指标体系,在一级准则层指标、二级指标的设置有存在一些相同点;在评价方法上,这些研究采用了层次分析法、Delphi法、主成分分析法、因子分析法、均方差决策法、熵值法、变异系数法、多层次模糊综合评价法、聚类分析法、综合指数评价模型法等。指标体系的构件一般只考虑了土地(耕地、建设用地和生态用地等)、人口增长、经济发展和生态保护等“硬件”因素的影响,对于科技、文化、制度、政策、管理等软因素的考虑较少,采用常权静态评价模型对城市土地承载力进行分析的较多,采用动态变权评价模型分析的较少。

一些研究采用系统动力学、多维状态空间模型回归分析灰色预测等方法对土地综合承载力进行了分析,也有部分文献在分析的过程中提及了系统内部要素间的协调发展,并且对土地承载力系统内部要素之间的相互耦合、协同发展关系进行了定量分析。