

高 等 院 校 研 究 生 教 材

农业生产潜力及人口承载力 理论探索

周兆德 主编



中国林业出版社

高等院校研究生教材

农业生产潜力及人口 承载力理论探索

周兆德 主编

黄文强 吴碧丹 谢瑞红 参编

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业生产潜力及人口承载力理论探索/周兆德主编. —北京: 中国林业出版社, 2007. 12
高等院校研究生教材
ISBN 978-7-5038-5002-8

I. 农… II. 周… III. ①农业生产-生产能力-研究-研究生-教材 ②农业生产-人口-承载力-研究-研究生-教材 IV. F304

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 196061 号

中国林业出版社·教材建设与出版管理中心

责任编辑: 杜建玲

电话: 66188720

传真: 66170109

出版发行 中国林业出版社 (100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: (010) 66184477

网 址: <http://www.cfph.com.cn>

经 销	新华书店
印 刷	北京市昌平百善印刷厂
版 次	2007 年 12 月第 1 版
印 次	2007 年 12 月第 1 版
开 本	850mm × 1168mm 1/16
印 张	17.75
字 数	432 千字
定 价	33.00 元

凡本书出现缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向出版社图书营销中心调换。

版权所有 侵权必究

日益严峻的环境污染问题，对人类生存构成了严重威胁，这就使得人们对环境问题提出了重新评估，于是资源承载力、生态承载力、环境承载力等概念相继而出，并受到世界各国的普遍重视。承载力的理论在环境与人类活动之间建立了联系的桥梁，为定量研究区域性人地关系开辟了有效途径，使环境与社会经济的协调具备了宏观工作准则。

首先，作为人口承载力基础的农业生产潜力问题受世人关注，它是维持人类和全部异养有机体的生命及其种群的能量和物质基础，是衡量地球对人类容纳量的一个重要方面。目前研究的关键点是农业产量特别是作为第一性生产的作物产量，究竟还有多大的增产潜力，这是当前面临的重大课题。农业资源是一个相互联系、彼此依存的耦合系统，只有调节好农业资源系统内部的土、水、肥、气与植物生长的关系，使之处于最佳状态，才能最大限度地挖掘资源系统内在的潜力，充分发挥农业资源的作用与效益。

其次，作为可持续发展基础的承载力问题更加引人注目，它是维持人类和谐发展的重要根基，是衡量地球健康发展的重要方面。目前研究的关键点是现有资源到底还能养活多少人口，这是世界各国要解决的重大问题。发展与资源、环境有着非常密切的依赖关系，这种实际存在的关系并不像目前流行的知识经济或后工业经济所设想的那样，可以通过技术开发、依靠人的智力资源等方式从根本上加以改变。可持续发展不是不消耗资源，不是使发展完全摆脱对资源环境的影响和依赖，而是要将发展保持在资源环境可承载能力的限度以内，又不能使发展处于停滞状态。这就需要在未来的发展中，在进一步调整发展目标的基础上，调整资源消耗和流动模式，建立新的资源安全体系。

在高度发展的工业和正在到来的信息时代，人类对资源的依赖程度越来越高，资源已成为制约人类社会发展的瓶颈，一个地区、一个国家的资源到底能够支撑多大社会规模，已成为制定发展规划的基础性尺度和指标。衡量资源的承载力大小对于一个地区或一个国家综合发展以及发展规模具有重要的意义。本书的主要目的就在于通过对农业生产潜力与人口承载力及其相关理论、方法的系统论述与归纳演绎，以期弄清人口数量-资源生产潜力-生活消费水平三者之间的关系，研究不同情况下的资源承载力，科学合理地利用资源，并制定合理的人口政策以及资源可持续发展规划等提供科学依据和

有效的方法论。

本书按照承载力构成的基本理论与思路,依次以农业资源生产潜力和人口承载力为主线,深入浅出地论述了生产潜力与人口承载力研究的国内外进展以及基本概念与定义、基本理论与原理、基本方法与应用,整体内容体现了良好的基础、方法性、前沿性和启发性。

全书由周兆德主编,其中周兆德撰写第1、2、3篇全部和第4篇的第8章,黄文强撰写第4篇的第9章,吴碧丹撰写第4篇的第10章,谢瑞红参加了部分文字的录入和资料的收集工作。

由于时间和水平的限制,难免出现缺点和错误,敬请读者批评指正。

作 者

2007年6月

前 言

第 1 篇 基本知识

第 1 章 农业生产潜力与人口承载力的基本概念	(2)
1.1 农业生产潜力的基本概念	(2)
1.2 人口承载力的基本概念	(7)
第 2 章 农业生产潜力与人口承载力研究的历史与发展	(23)
2.1 农业生产潜力研究的历史与发展	(23)
2.2 人口承载力研究的历史与发展	(32)

第 2 篇 农业生产潜力理论研究

第 3 章 农业生产潜力形成的物质基础	(44)
3.1 太阳辐射对作物的生态作用	(45)
3.2 温度对作物的生态作用	(51)
3.3 水分条件对作物的生态作用	(58)
3.4 空气成分和风对作物的生态作用	(68)
3.5 土壤、地势、地形条件对作物的生态作用	(78)
第 4 章 农业生产潜力形成的过程与特征	(91)
4.1 作物生产潜力形成的原理及定量描述	(91)
4.2 农业系统生产力的基本描述	(94)
4.3 作物生长分析	(97)
第 5 章 农业生产潜力的计算方法	(104)
5.1 生产潜力研究方法论	(104)
5.2 生产潜力的理论计算	(107)

第 3 篇 人口承载力理论研究

第 6 章 人口承载力研究的理论基础	(148)
6.1 承载力的基本描述	(148)
6.2 承载力的结构和功能	(151)
6.3 环境承载力的类型及其内容	(154)

6.4	承载力研究的基本条件	(160)
第7章	人口承载力的计算方法	(170)
7.1	生态学意义下的人口容量模型	(170)
7.2	食物能量守恒意义下的人口承载力模型	(172)
7.3	生态承载力递阶原理	(174)
7.4	基于 GIS 的人口承载力	(178)
7.5	基于作物生产潜力的人口承载力计算	(184)
7.6	基于生态足迹理论的生态承载力	(190)
7.7	土地资源人口承载力动力学模拟	(194)
7.8	基于 RS 的人口承载力	(197)
7.9	水资源承载力研究的思路和方法	(204)
 第4篇 农业生产潜力与人口承载力的应用		
第8章	农业生产潜力的应用	(214)
8.1	生产潜力在农业生产中的应用	(214)
8.2	生产潜力在生态系统生产力区划中的应用	(217)
第9章	人口承载力研究的应用	(221)
9.1	生态承载力研究在可持续发展中的应用	(221)
9.2	土地综合承载力在区域评价中的应用	(226)
9.3	土地资源人口承载力在土地资源安全度研究中的应用	(230)
9.4	环境承载力在区域可持续发展指导中的应用	(234)
9.5	环境承载力在开发区规划中的应用	(238)
9.6	环境承载力在城市规模发展中的应用	(241)
第10章	中国农业资源综合生产能力与人口承载能力研究成果介绍	(245)
10.1	评估方法与程序	(245)
10.2	农业资源与生产能力现状概述	(254)
10.3	农业资源的人口承载能力	(270)
参考文献		(276)

第 1 篇 基本知识

- 第 1 章 农业生产潜力与人口承载力的基本概念
- 第 2 章 农业生产潜力与人口承载力研究的历史与发展

第 1 章

农业生产潜力与人口承载力的基本概念

1.1 农业生产潜力的基本概念

1.1.1 农业生产潜力的内涵

农业资源是由光、热、水、气及其他生产要素与生命物质组成的一个相互联系、彼此储存的耦合系统，只有调节农业资源系统内部的土、水、肥、气以及其他生产要素与植物生长的关系，使之处于协调状态，农业资源才会充分发挥其生产能力。所以，农业资源综合生产能力可以定义为：在一定地域，一定时期和一定的经济社会条件下由农业资源诸要素综合投入所形成的，具有较高转换效率的可持续产出能力。可以看作是在比较农业资源诸要素综合投入过程的不同组合，以相对可持续和高效组合基础之上的内生产功能。农业资源综合生产能力包括耕地资源生产能力、草地资源生产能力、林地资源的木本粮油林生产能力、内陆水体的渔业生产能力及海洋资源的渔业生产能力。

这里的耕地资源生产力也称为土地资源生产力，它是土地用于一定方式或使用一定管理实践方面的潜在能力，是土地自然要素相互作用所表现出来的潜在生产能力。土地潜力评价是对土地固有潜在生产力的评价。它不仅涉及气候要素的生产潜力，而且也包括土壤生产潜力及其他要素的生产潜力。但是影响土地生态系统能量流动、养分循环的主要环境因子是气候和土壤。土地潜力评价主要集中在对气候和土壤要素的评价。

随着人口的迅速增长，资源、环境、人口三者的矛盾日益尖锐，由此引起的资源短缺、环境恶化等问题益发受到关注。全球的土地资源生产能力能否满足未来人口的食物需求，这个问题理所当然地为有关国际组织和各国政府所瞩目。土地资源生产潜力研究作为土地资源承载力研究的核心在这种大环境下应运而生，并且得到迅速发展。黄秉维曾经多次提出：农业生产潜力是有意义的课题，研究的对象是植物群体及其环境，研究的结果应当是确定一地应当得到多少产物及如何得到这么多产物。所确定的生产力应当是持久性的(sustainable)，有生态的持续性和经济的持续性，要推用于广大的面积。

土地生产潜力作为在一定条件下能够生产某种生物产品(如粮食、经济作物等)的内在能力，一般用单位面积产量来表示。它是反映土地质量高低的重要指标，因而也就成为土地资源评价的重要内容之一。土地的生产潜力很大程度上受制于自然环境条件、土地资源的数量和质量，同时也受社会、经济、技术等与土地资源开发有密切关系的社会诸多因素影响。一个地区的土地生产潜力可以说是上述诸因素综合作用的结果。

1.1.2 农业生产潜力研究的依据

马克思有句名言：“土地是人类不能出让的生存条件和再生产条件”，充分表达了土地对人类社会及其发展的重要意义。土地不仅是一种珍贵又特殊的资源，也是巨额资产。随着社会经济的发展，人口的增长，人均土地资源占有量在今后 60 年内将继续下降。土地资源紧缺主要表现在可耕资源的供给上，可耕资源的减少将引起土地资源供给的全面紧张，并成为经济发展的重要约束条件。只有对土地利用提出合理的能够获得最大持续效益的土地利用方式和土地利用方式的结合，也就是从土地持续利用的角度出发，拟定土地利用和布局的最佳决策，并预测土地利用后果，才能防患于未然，保护珍贵的土地资源。土地利用规划自 20 世纪 50 年代引入我国得到了一定的发展，无论从规划的理论、规划的实践、规划的内容、体系及规划的深度与广度，以及规划的手段都有了较大的进步。在全国范围内广泛开展的土地利用总体规划已完成两轮（1986～2000，1997～2010）。现在，在新时期市场经济条件下正在或将要开展第二轮的土地利用总体规划的修编。土地利用规划的核心内容之一就是研究如何实现社会经济发展对土地数量、质量、结构和布局方面的供求平衡，以保证土地资源的可持续利用和社会经济的可持续发展。土地需求量预测是土地利用总体规划研究的基础和核心内容，在开展新一轮土地利用总体规划修编时，对县域土地需求量预测的科学性、准确性进行深入研究和改善，将为县域土地规划的修编提供重要依据。

面对严峻的人口态势，有关国际组织和各国政府愈来愈关心：土地资源是否具有相应的生产潜力满足未来人口的食物需求？各国、各地区的土地资源是否足以生产出使该国未来人口需求达到自给的食物？作为试图回答这些问题的土地资源承载能力研究也就应运而生，并且得到迅速发展。联合国粮农组织已完成 117 个发展中国家（不包括中国）土地资源的潜在人口承载能力研究项目。结果表明，如果继续使用传统耕作方法，发展中国家拥有的全部可垦土地，将只能勉强养活预期人口，其中无法靠本国土地资源供养预期人口的国家将不少于 64 个。这一结论引起了国际社会和各国政府的极大关注，纷纷呼吁人类社会应尽快采取必要的对策。

我国人口与土地资源的矛盾与世界整体状况相似，甚至比大多数国家还要尖锐。我国土地资源可以供养多少人口、提高土地资源承载能力的可能性与途径如何，已经成为有关部门关心的重要问题。县域土地人口承载力的研究针对县域的上述问题做出科学的回答，为县域制定土地开发利用、农业结构调整、人口布局、生态建设等长远规划，研究土地、人口、粮食、农业等有关政策问题提供科学依据。

农业资源综合能力研究以绿色植物光合作用理论为依据，光合作用是农业资源综合生产能力形成的基础。影响综合生产能力的因素既取决于植物本身由遗传特征决定的光能利用率，又受到不同投入组合的影响，如光能、温度、降水、灌溉水源，以及作为植物生长载体的土地数量、质量等制约。在一定的经济社会条件下，人类影响农业资源综合生产能力的作用是有限的，因为受到人类对作物生长机理认识的制约，也受到物质投入和农业科技进步水平的限制。随着经济社会发展和社会技术水平的提高，人类影响农业资源综合生产能力的作用将不断增大，从而使得农业资源综合生产能力也将在未来得以提高。

1.1.3 农业生产潜力研究的意义

人口、资源、环境和发展是当今世界面临的最重大的全球性问题。人口的骤增引发的资源短缺,环境恶化等问题日趋严重。其中土地资源的短缺已成为许多国家,尤其是广大发展中国家的严重问题,因为土地是人口承载的基础,无论是从事什么生产的人口,最终要靠土地生产的粮食来养活。对于我国来说,土地、粮食、人口长期以来处于紧张状态,近几年居高不下的人口基数使得人口态势更为严峻。今后,即使在比较有效的控制下,高峰值也将超过16亿人,土地、粮食、人口问题至少在未来的五十年,仍是中国首先关心的问题。

土地资源是人类赖以生存和发展的且无法替代的自然环境资源。土地面积的有限性和土地需求的增长性之间的矛盾需要借助于合理、科学的土地利用规划来解决。而土地规划中要进行大量的调查研究工作,即调查过去、现在和预测未来,因此,预测是规划和土地利用管理的重要手段。可以说,没有预测就没有规划。正是科学预测提供的未来信息,为规划提供了不可缺少的先决条件,从而提高了土地利用管理系统在未来实践中的应变能力。

土地需求量预测是土地利用总体规划调查研究的主要专题之一,是土地利用总体规划的重要组成部分和核心内容。在全面考虑生产与生活需要,分析社会、经济条件优势,协调主导产业与基础产业关系基础上,根据规划年各部门用地规模和土地利用动态变化趋势,运用现代的技术手段对未来若干年内的土地利用状况做出超前评估,为有计划、因地制宜合理安排农业和非农业用地提供依据,加强土地利用科学管理和宏观控制,为协调产业用地矛盾,编制土地利用总体规划提供依据。因此土地需求量预测是土地利用总体规划的重要基础工作。土地需求量的预测结果是否科学准确,直接关系到未来若干年内各部门的用地分配和土地利用空间布局的合理性,是决定土地利用合理与否的关键。科学地用地预测可以起到正确协调农用地与各项建设用地之间、农业内部各部门之间的用地矛盾,达到土地利用的供需平衡,为合理利用每寸土地、不断改善生态环境和各业发展创造良好的土地条件,从而保证人民生活水平的不断提高和国民经济的持续、稳定、协调发展。

自20世纪60年代以来,随着作物群体光能利用研究的深入,国内外有关作物生产潜力的研究有了很大进展。殷宏章、汤佩松等从植物生理角度探讨了光能利用效率问题。1964年竺可桢首先从气候角度探讨了中国粮食的生产潜力,开始考虑到其他气候要素对作物光能利用效率的影响。60年代以后的研究较为深入,有的利用量子效应等概念开展研究,提出生物产量与太阳总辐射间的估算模式。随后的研究更为深入,大量算法问世,计算参数也逐渐精确。70年代末到80年代初,全国性的农业气候区划工作开始后,黄秉维、卢其尧、邓根云、梁荣欣、李继由等考虑到温度和作物生育特性对光合作用的影响,提出了光合生产潜力的温度和叶面积订正方法,并提出了作物光、温生产潜力的概念。随着农业气候区划工作的深入开展,许多学者认识到水分因子是限制作物生产潜力的重要因素,而中国的季风气候具有降水变率很大的特点。龙斯玉在1980年引进水分满足程度指标,提出了作物的气候生产力模式,后来也被称为气候生产潜力模式或光温水生产潜力模式。

气候生产潜力的理论估算值仍然大大高于许多地区的现实生产力,在农业综合区划

工作中,人们又注意到在大多数情况下土壤对作物增产潜力的限制,特别是中、低产田与贫瘠土壤对作物增产潜力的限制更明显。20 世纪 80 年代中期已有人开始引入矿质养分满足程度因子,探讨气候-土壤生产潜力的计算方法。

上述气候生产潜力和土壤生产潜力是在完全雨养农业、自然土壤肥力状态下获得的,没有考虑人工灌溉和施用化肥对作物生产潜力的影响,陈锡康、周治国等将这些人工追加的能量对作物的增产作用考虑进来,提出了灌溉生产潜力和化肥生产潜力。周治国等又进一步分析社会条件对生产潜力的影响,指出了社会现实生产力受社会生产条件、经济状况、生产水平三个方面诸因素的制约,必须进行社会因子订正。而对社会有效系数的确定,则是现实生产力估算的关键。

土地资源生产潜力的分析是当代农业发展研究的一个重要课题。这一课题的研究,是在分析、评价各项农业资源的基础上,根据社会需要和自然资源的开发利用前景,寻求开发利用自然资源的正确方向与合理规模,科学预测土地资源生产潜力和土地人口承载力,解决人口与资源、人与环境即人口-土地-粮食之间的平衡关系,是土地利用总体规划工作中的一个十分重要的基础环节。

1.1.4 农业生产潜力研究的内容

自然界的生物产量可分为第一性生产量和第二性生产量两大类。前者指生态系统中绿色植物吸收太阳能,将 CO_2 和水合成碳水化合物及其他有机物的数量;后者指各种食草、食肉类动物以及真菌、细菌和某些原生动物等异养有机体,利用和释放绿色植物储存的太阳能而形成的第二性生物产品的数量。

农业可持续发展必然要涉及的一个问题是农业产量特别是作为第一性生产的作物产量,究竟还有多大的增产潜力。作物第一性生产量与生态环境——气候、土壤以及作物群体自身特性有密切关系。第一性生产力(初级生产力)是维持人类和全部异养有机体的生命及种群的能量和物质基础,是衡量地球对人类容纳量的一个重要方面。绿色植物的组成物质中,约有 90%~95% 来自光合作用,作为主要气候资源的太阳辐射能是这一过程的原动力。长期以来,许多科学家试图通过太阳辐射能来估算地球上生物物质的生产潜力,这就是所谓初级生产力的研究。本质上气候生产潜力的估算问题就是这项研究的主要内容。测定、估算并确定作物生产力与人类的关系,对于充分、合理利用和保护自然资源有十分重要的意义。

在国外,从 19 世纪中叶揭开光合作用机理以来,科学家们就开始了气候生产潜力的估算。德国化学家 J. 李比西(1840)为首创者。20 世纪 50~60 年代苏联科学家开展了许多有关气候生产潜力的研究;C. A. 萨鲍日尼科娃(1957)用“气候肥力”描写热量资源的农业生产潜力;卡拉斯科夫(1963)从温度和水分两个方面论述了气候的生产潜力;R. S. 洛米斯和 W. A. 威列阿姆斯(1963)估算了最高生产力;布德科(1971)从光能资源论述了气候生产潜力。70 年代以后,随着环境问题的加剧,人们更加关注地球维持人类生存的能力以及人类活动对生物圈的影响。1964~1974 年联合国教科文组织的国际生物学计划(international biological program, IBP)以生物生产量为中心对世界范围的生物资源进行了深入研究。Helmult Lieth 和 Robert H. Whittaker 对生物圈的第一性生产力的测定方法和估算模型进行了深入研究,代表了国际上这方面的研究进展。

与作物气候生产潜力相似的另一概念是作物潜在生产率。它是指在正常天气条件

下,在无病害无杂草的环境里,水分和养分供应最佳时,封行的绿色作物表面的生长速率。测定结果表明,物种之间和物种内潜在生长率几乎没有重大差异。

作物潜在生产率的积分,即是作物生产力。后者有广义和狭义之分。广义的作物生产力指单位面积整个生长期或一年内的净生产量,又称干物生产力,通常称生物产量。狭义的作物生产力指籽粒或果实部分的生产量,又称产量生产力,通常称经济产量。

研究作物的气候生产潜力,可以有各种不同的目标,但归结到一点,其核心在于正确评价和合理利用一定空间和一定时间的自然资源,尤其是气候资源。

根据以上描述,农业资源综合生产能力的研究内容主要包括以下四个方面:

①农业资源自然要素投入组合研究。包括农业气候资源、农用土地资源、农用水资源数量及其投入组合方式的比较,根据持续和高效原则的组合方式的选择等。

②其他生产要素投入组合研究。包括物质投入、劳动力投入、农业科技进步因素等投入方式、投入强度、投入效果的分析评估。

③自然要素与其他要素组合研究。即对影响农业资源综合生产能力的投入要素开展综合研究,选择高效利用的、对环境安全的、能量和价值转换效率高的投入方式。

④综合生产能力的计算模型。即根据植物生长过程的机理,按作物生长期限内辐射和温度资源与具有不同遗传特性的作物的不同光合能力确定作物净生物量和经济产量,然后根据农业资源诸要素综合投入过程中可能抑制生长和减少产量的影响及其强度进行订正,评估农业资源综合生产能力。

1.1.5 农业生产潜力研究的方法

土地需求量和土地人口承载力预测研究的目的是建立一种新的土地需求量及土地人口承载力的分段综合预测模型系统(SCFMS),并设计出其相应的预测软件——土地需求量和土地人口承载力预测软件系统(LS)。该项工作为县级土地利用总体规划工作提供重要方法和技术支持,为县级土地利用规划的修编提供重要的依据,为土地资源的现代化管理和建设打下良好的基础,对土地规划学科的发展具有积极的理论和学术意义。

土地资源生产潜力和增产潜力问题的研究始于20世纪30年代。最初主要是土地资源的调查及其保护和利用方面的研究。20世纪40年代以来,土地方面的研究逐渐应用于实际。60~70年代能源危机、粮食短缺以及人口爆炸等人类面临的重大问题提出后,土地资源人口承载力的研究工作在外国逐渐开展起来,并取得了很大成绩。如1976年联合国粮农组织(FAO)开始进行“发展中国家土地的潜在人口承载能力”的研究工作,至1983年分别研究了非洲、西南亚、东南亚、南美洲和中美洲117个发展中国家(不包括中国)的土地人口承载力。20世纪90年代全球变化研究委员会和社会科学研究理事会等开展了土地利用和土地覆盖率变化等的研究。新中国成立后,我国土地利用方面的研究发展迅速。最初,主要进行了区域性土地资源的调查研究、土地生产潜力研究、全国及部门土地利用区划及规划研究等。我国关于土地资源承载力方面的研究工作起步于20世纪80年代初,如宋健等人在“从食品资源看我国现代化所能养育人口”、田雪原等人在“经济发展和现代理想人口”中分别提出了我国土地资源可承载的人口数量。近年来,很多单位相继开展了土地人口承载力的研究工作,在国内具有较大影响的项目是1986年由中国科学院自然资源综合考察委员会主持完成的“中国土地资源生产能力及人

口承载量研究项目”，从多方面综合地研究了我国土地、人口和粮食之间的关系，是我国首次开展的全国大规模的土地资源承载力研究。

土地生产潜力是土地资源人口承载力的核心计算内容。土地生产潜力的研究发展迅速，方法多样。可以归纳为三类：一是根据环境因子潜力结构计算土地生产潜力。竺可桢最早采用环境因子逐段订正模型，从光能转换效率角度考虑我国气候资源与粮食生产的关系。20 世纪 80 年代初许多学者从不同角度计算了光能转换系数。侯光良等采用此模型计算了我国光合潜力及气候生产潜力。其他还有沈思渊、周锁栓、张强等采用此模型计算生产潜力。也有学者采用气候因子综合模式，这类模式主要有迈阿密模型、筑后数学模型、瓦赫宁根(Wageningen)法和农业生态地区法(AEZ)等。二是根据植被潜力结构估算土地生产潜力，也称为遥感估产方法。国内利用遥感手段估产的研究有杨星云等将遥感与动力估产方法相结合。三是系统动力学方法。近年英国科学家 Malcom Sleeser 等提出了 ECCO(enhancement of carrying capacity options)模型。纵观土地人口承载力研究现状，以计算土地食物生产力为主题的土地人口承载力研究是主流，而且计算方法由静态分析走向动态预测。在计算机支持下，各类数学模型被广泛应用于承载力研究领域。

1.2 人口承载力的基本概念

1.2.1 人口承载力的内涵

1.2.1.1 从资源承载力的本质上看，人口承载力包含如下内涵

(1) 生态内涵

资源承载力的生态内涵具有两层含义：第一，资源所承载的综合效用具有生态上的极限，资源的开发利用应以不超过这种极限为前提；第二，由于资源承载力具有极限含义，所以当达到资源承载力极限时，也必然意味着这一生态得到充分的利用。而且，资源承载力的生态极限应当建立在水生态系统的整体性上，它至少包括 3 个方面：①资源的开发利用量达到可更新资源量；②环境质量符合设定的使用功能要求，污染物的浓度值和累积值都应处于极限值以下；③满足生态系统的安全性和生物多样性的需求以及区域宏观生态环境的用水需求。应当指出，由于生态系统具有一定的弹性(resilience)，所以资源承载力的生态极限具有一定的动态性。同时，水资源承载力的生态极限还与一定的生态建设和环境保护目标有关。

(2) 技术内涵

资源承载力并非一个纯粹客观的概念，而是与人类作用相关，具有主观性的一面。资源承载力离不开特定的科学技术背景，这不仅在于资源承载力的生态极限与特定的技术水平有关，而且在于通过优化资源管理或者提高科学技术水平，可以提高资源对社会经济的承载能力。不过，应当注意到，一般的资源承载力定义中“在一定的技术水平下”的前提都包含了资源管理这一方面，而由于资源管理事实上也是社会经济的一部分(譬如它会涉及社会经济结构)，所以一般定义中的“……最大的人口或经济规模”也隐含了资源管理这一方面。很显然，它同时既作为前提又作为承载对象会带来内在的矛盾，也会导致资源承载力概念具有模糊性。因此，作为概念的资源承载力应当区分出一

般的技术水平和资源管理两个方面。将资源管理作为资源承载力的内在部分,意味着对应的社会经济也是资源承载力的内在部分,在一定的时期内,通过对社会总体技术或生产水平进行预测,就可以得到大致确定和唯一的资源承载力,解释了资源承载力的极限唯一性。总之,资源承载力具有特定的技术内涵,一方面,通过提高技术水平可以提高资源的承载能力;另一方面,具有极限含义的资源承载力概念对应着最佳的资源管理状态,当然,这通常只有在理想状态下才能发生。

(3) 社会经济内涵

承载力概念最吸引人之处在于它似乎可以给出一个不依赖于社会经济而存在的客观极限。不过,应当注意到,与资源承载力的技术内涵类似,生态系统的生态极限往往并不能脱离特定区域人口的价值观和具体的效用需求而确定,而且在相同的资源利用水平下,通过社会经济系统优化,如产业结构调整等,这就使得资源承载力不可避免地又具有社会经济方面的内涵。因此,资源承载力不仅有一个自然生态方面的最大规模,而且有一个社会经济方面的最大规模。而这又进一步依赖于对“规模”的构成内容以及“最大”的判断准则的把握。

因此,可以认为:①资源承载力具有社会经济方面的内涵,具有主观性的一面,社会经济系统的优化可以提高资源的承载能力;②社会经济的内容包括所有生态经济服务方面,而不局限于与传统的GDP指标相类似的生产性经济收益;换言之,综合效用应当作为承载的对象或客体;③概念上的资源承载力对应着最大的可持续人均效用水平,即对应着最大可能的可持续发展水平。当然,由于人类认知水平等因素的限制,这种最优发展水平一般是无法达到的,通常只能是相对最优的水平。

(4) 时空内涵

资源承载力还具有一定的时空内涵:①资源承载力是一定区域尺度上的水生态系统自身的承载力。可持续发展地域公平性的原则要求,满足本地区的发展需求应以不损害、不掠夺其他地区的发展需求为前提,同时还要求可持续性应以一定的地域尺度为基础;②不同的时空尺度,相同的资源量的承载力是不同的;③资源承载的综合效用及其他约束因素如自然资源、劳动力资源和技术资源等都具有区域性;④资源承载力在时间上是一个将来的概念;⑤资源承载力是一个长期性的概念,即它是自然水生态系统同人类长期相互作用关系的反映,具有一定的时间尺度,在量化计算时,某些变量应当取特定时段上的平均值。

1.2.1.2 从资源承载力的定义上看,人口承载力包含如下内涵

承载力作为可持续发展的基础得到了大家的普遍认可,但可持续发展究竟应建立在怎样的承载力基础之上却并没有得到一致的认识。不同学者在不同场合,从不同侧面论述了承载力的意义,有的学者指的是资源承载力,有的学者指的是环境承载力,也有的学者指的是生态承载力(表1-1)。那么,面向可持续发展,应以什么样的承载力为基础呢?

不同国家、不同学者对可持续发展概念的理解不完全相同,但有一点是一致的,那就是,可持续发展首先必须是人的发展,是人与其生存环境的共同发展。从承载与被承载的关系而言,人是被承载的对象,人类的生存环境是承载的媒体,人与其生存环境共同构成一个不可分割的整体——生态系统(图1-1)。在这个系统中,人通过消耗资源来

表 1-1 承载力与可持续发展代表性论述摘录

来 源	论 述
陈昌笃(1995)	不管怎样,我们的活动必须保持在地球的承载力的极限内。我们应该,也能够做到,尽我们所能保持所有生态系统组分的健康和生产力,保护人类的生命支持系统和生物多样性,保证可更新资源在它们更新能力之内的利用,以及把不可更新资源的消耗减少到最小
陈述彭(1995)	资源、环境问题错综复杂,在人口与经济快速增长的条件下,在环境保护与资源持续利用之间,寻求合理的代价与适度的承受能力的动态平衡临界点是亟待研究的重要问题
21 世纪议程(1992)	持续发展战略的基础是必须准确评估地球负载能力和对人类活动的恢复能力。更深刻了解水、营养物质和维护生命所必需的周期之间的联系,以及土地、海洋和大气能量流动之间的内在联系是至关重要的
IUCN/UNEP/WWF(1991)	可持续发展是在生存不超过维持生态系统承载力的情况下,改善人类的生活品质
Kenneth Arrow(1995)	经济活动的可持续性必须建立在支持生命的生态系统的弹性范围内
朗克·哈尼(1992)	可持续发展是为全世界而不是少数人的特权而提供公平机会的经济增长,不进一步消耗世界自然资源的绝对量和涵容能力,对自然资源的利用不应因对地球承载能力和涵容能力的过度开发而导致生态债务
叶文虎等(1992)	“环境承载力”概念在环境与人类活动之间建立了联系桥梁,使环境与社会经济的协调有了宏观准则
张坤民(1997)	可持续发展是一个从环境和自然角度提出的关于人类长期发展的战略和模式,它不是在一般意义上所指的一个发展进程要在时间上连续运行,不被中断,而是特别指出的环境和自然资源的长期承载能力对发展进程的重要性以及发展对改善生活质量的重要性

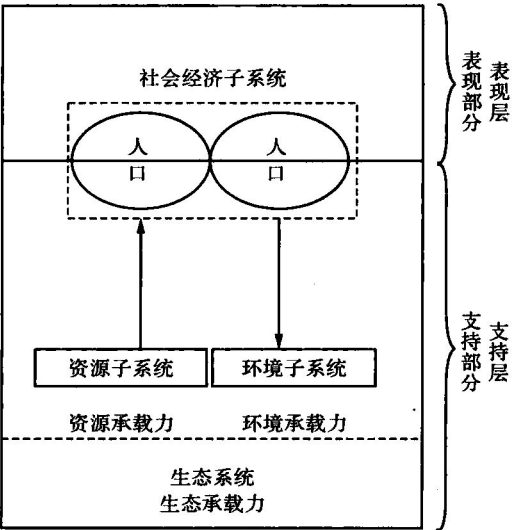


图 1-1 可持续承载力图解

维持衣食住行,从社会角度而言,也就是维持社会经济的正常运转和发展;而与此同时,人类在消耗资源的同时,必然又排放出大量的废弃物。所以人类要想持续生存下去。就必须有持续的资源供给,同时又必须有足够的环境容量容纳人类排放的废弃物。而资源是有限的,环境容量也是有限的。因此在这个系统中,人类的发展除受到资源限制外,还受到环境容量的约束,也就是说,受到资源承载力和环境承载力的限制。资源承载力和环境承载力都是从单方面因素考虑,而从系统角度看,资源系统和环境系统都是生态系统的组成部分,如果系统的整合性遭到破坏,则谈单要素承载力是无任何意义的。可持续发展也是不可能实现的,所以

人类的活动还必须限制在生态系统的承受阈值范围内。从这个意义上讲,人类的可持续发展必须建立在生态系统承载力基础之上。由此可见,在理论上,可持续承载的实质是生态系统的持续承载,人类的可持续发展应建立在生态承载力基础之上。

众所周知,生态系统如同生命体一样,有自我维持和自我调节能力,在不受外力与人为干扰的情况下,生态系统可保持自我平衡状态,其变化的波动范围是在可自我调节范围内,这在生态学上称作稳态。如果系统受到干扰,当干扰超过系统的可调节能力或可承载能力范围后,系统平衡就被破坏,系统开始瓦解。自然生态系统中,在生物的各个水平层次上,都具有稳态机制,因此最后都能达到一定平衡。在巨大的生态系统中,物质循环和能量流转的相互作用,建立了自校稳态机制(self-correction

homeostasis)而无须外界控制(E. P. Odum, 1992),但生态系统的稳态机制是有限度的,当系统承载力超过稳态限度后,系统便发生转变,从一种稳态走向另一种稳态。但稳态的变化是渐进的,著名生态学家 E. P. Odum 将这种变化看作是一系列台阶,称作稳态台阶,如图 1-2。在稳态台阶范围内,即使有压力使其偏高,仍能借助于负反馈保持相当稳定,超出这个稳定范围,正反馈导致系统破坏。所以,要使生态系统不发生剧烈变化或不超出波动范围,则压力的作用必须在生态系统的可自我维持和自我调节能力范围内,否则系统便走向衰退或死亡;而系统的衰退与死亡,就意味着生物的衰退与死亡。所以,面向可持续发展,人类的任何活动都必须限制在生态系统的弹性范围之内。

综合而言,可持续承载的实质是生态系统的持续承载,其中包括资源与环境单要素的持续承载。人类的可持续发展必须建立在生态系统完整、资源持续供给和环境长期有容纳量的基础之上,人类的活动也因而必须限制在生态系统的弹性范围之内;换句话说就是,人类的活动不应超越生态系统的承载限值。

为此,人口承载力定义为:生态系统的自我维持、自我调节能力,资源与环境子系统的供容能力及其可维育的社会经济活动强度和具有一定生活水平的人口数量。这里的人口承载力也称资源承载力或生态承载力、土地承载力,一般以土地承载力用得最普遍。随着人类社会所面临问题的不断变化,承载力的内涵也在发生相应的变化,但此种变化始终是发生在资源环境的范围之内,只是侧重点在不断地发生变动。

由于研究者在立场、观点和方法上存在差异,尽管对所研究的课题都冠以“土地承载力”一词,但其内涵和外延却相差甚远。从目前的研究状况看,土地承载力至少有以下三重含义。

(1) 生物生理性的土地人口承载量

生物生理性的土地人口承载量是把人均食物(粮食)消费水平压缩到只能满足人们生理必需的最低水平时,所估算的区域土地最多可供养的人口数。这类研究在实际估算时,往往只使用一个参数,即维持系统中人口的粮食产量,连粮食结构也基本上以现状为主、以植物性产品为主。这样估算出来的土地人口承载量,消费水平大多在每年 250 ~ 300kg 粮食或每天 9 210. 96 ~ 10 048. 32kJ 热量,在许多人口的消费水平已大大超出这种生理所需的最低水平的情况下,几乎没有什么现实意义。

(2) 基于现实条件的土地人口承载量

基于现实条件的土地人口承载量,是根据现有食物消费水平,参照可以预见的生活标准、生产力水平和土地资源消长状况,以估算未来某一时点所供养的最大人口规模。

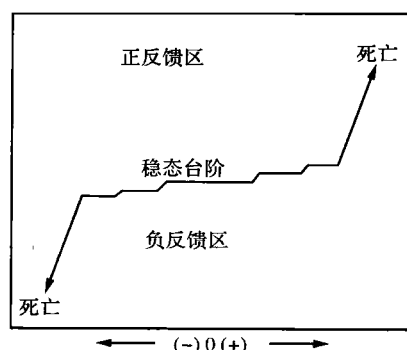


图 1-2 生态系统变化图