
长株潭城市群“两型社会”

试验区土地承载力评价

许联芳 谭勇

(湖南省国土资源规划院, 中国 湖南 长沙 410007)

【摘要】随着人口的增长、经济社会的发展,人口、资源、环境之间的冲突愈发尖锐,由资源紧缺、环境破坏等引发的一系列问题引起世人的关注。从土地承载力角度研究区域资源、生态、环境问题,是当今地理学、生态学 and 经济学等学科研究的热点与前沿领域之一。在调研现有研究成果基础上,阐述了基于“资源节约型、环境友好型”的区域土地承载力的概念,构建城市群土地承载力综合评价指标体系,运用状态空间法对长株潭城市群土地承载力进行初步评价,提出了提高长株潭城市群土地承载力的对策与建议。

【关键词】土地承载力;地域差异;资源节约型、环境友好型;长株潭城市群

【中图分类号】F292.3

【文献标识码】A

土地资源是人类赖以生存和发展的基本自然资源,随着资源、环境、人口三者之间矛盾的日益突出,土地的稀缺性日益明显。所谓“资源节约型、环境友好型社会”(以下简称“两型社会”)可以理解为:在社会生产、建设、流通和消费各个领域,切实保护和合理利用各种资源,提高资源利用率,以尽可能少的资源消耗,获得尽可能大的经济效益、社会效益、生态效益,人居环境得到改善,实现人与自然和谐、经济社会可持续发展^[1-3]。基于“资源节约型、环境友好型”(以下简称“两型”)的区域土地承载力是指一定时空尺度范围内,在确保土地资源合理利用和生态环境良性循环条件下,土地资源所能承载的人类各种活动的规模和强度的限度。实现“两型”土地资源利用,就是要对区域土地资源进行有理性、有节制和有远见的管理,既要保证土地有较高的产出,获得较大的土地收益,又要使土地资源的损耗控制在一定限度内,保持土地生态系统稳定,防止土地生态系统崩溃^[4-7]。

长株潭城市群位于湖南省中东部,土地面积28088.12km²,占全省总面积12.8%。北接岳阳,南连衡阳、郴州,西邻娄底、益阳,东邻江西省。长沙、株洲、湘潭三市同处湘江中游,呈“品”字型分布,其间有公路、铁路和湘江交织,处于全省交通中心地带,是湖南经济社会发展的“金三角”。2007年12月,国务院批准长株潭城市群为“两型”社会试验区,这是国家促进东、中、西部互动和中部地区崛起的重大战略布局,是国家加快推进新型工业化、新型城市化,建设资源节约型和环境友好型社会的重大举措。随着工业化、城镇化快速推进,经济发展和环境保护对土地利用管理提出了更高要求,土地承载力是长株潭城市群未来产业选择与空间布局、发展规模控制、区域生态安全的前提和依据,本文以长株潭城市群人地关系作为研究对象,将追求人地关系的和谐、互惠、共生,亦即人口—资源环境—经济的协调发展作为目标,评价区域土地承载力状况,为长株潭城市群人地关系的协调发展提供科学依据。

湖南省国土资源厅软科学研究计划项目“湖南省土地生态承载力研究(编号:2007-16)”资助。

收稿时间:2008-05-10; **修回时间:**2008-10-21

作者简介:许联芳(1977—),男,湖南郴州人,博士。主要研究方向为土地资源可持续利用。E-mail: xulf2008@163.com。

1 研究方法

1.1 状态空间法

状态空间法是欧氏几何空间用于定量描述系统状态的一种有效方法。通常由表示系统各要素状态向量的三维状态空间轴组成。由地球系统所有状态构成的集合，称为地球系统的状态空间，又称相空间（phase space）。空间的每个点称为状态点或相点。设地球系统有n个独立状态变量，记作（ $x_1, x_2, \dots, x_n$ ）。以状态变量为轴支撑起来的几何空间，就是地球系统的状态空间。状态变量的每一组具体数值（ $x_1, x_2, \dots, x_n$ ），代表地球系统的一个具体状态或相。N是状态空间的维数（dimension），可以取任何正整数。维数是决定地球系统行为特性的重要参数。区域土地承载力的大小可用状态空间的原点同系统状态点所构成的矢量模表示。由于现实的区域土地承载状况RCS（Regional Carrying States）同状态空间理想的区域土地承载力大小RCC（Regional Carrying Capacity）并不完全吻合，通常会有一定的偏差，从而导致区域土地承载状况出现超载（ $RCS > RCC$ ）、满载（ $RCS = RCC$ ）、可载（ $RCS < RCC$ ）三种情况。应用状态空间法可以定量地描述和测度区域土地承载力及其承载状态。

1.2 区域综合承载力的数学表达

区域综合承载力是区域人地系统载体可以合理地承受的受载体强度，代表在一定时段内区域人地系统载体与受载体之间的一种理想状态。本文定义状态空间中的原点同系统状态点所构成的矢量模即表示区域土地承载力大小，即为原点与状态空间中任一点的空间距离。根据空间两点间的距离公式得出区域土地承载力的数学表达式为：

$$RCC = |M| = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ir}^2}$$

式中：RCC（Regional Carrying Capacity）即区域土地承载力的值；

$|M|$ 为代表区域土地承载力的有向矢量的模， x_{ir} 为区域人类活动与资源环境处于理想状态时在状态空间中的坐标值（ $i = 1, 2, \dots, n$ ）。

人类活动与资源环境各要素对区域土地承载力所起的作用不同，因而状态轴的权重也不一样，当考虑到状态轴的权重时，区域土地承载力的数学表达式为：

$$RCC = |M| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i x_{ir})^2}$$

式中： w_i 就是 x_i 轴的权重。

1.3 区域土地承载潜力、承载状况的定量描述

由于现实的区域土地承载状况同状态空间中理想的区域土地承载力并不完全吻合，通常会有一定的偏差，导致区域土地承载状况出现超载、满载与可载三种情况。

区域土地承载潜力是指根据目前承载体的现实状况，按实施可持续发展战略的要求，区域人地系统还能承载多大的人类活动。区域土地承载潜力的估算为协调区域人地关系中的人类活动模式、强度及方向提供科学依据。根据空间解析几何原理，区域土地承载潜力的数学表达可以描述如下：

根据投影定理，向量 d 在向量 a 上有：

$$prj_a d = |d| \times \cos \theta$$

θ 为现实的区域土地承载状况矢量 d 与该资源环境承载体组合状态下的区域土地承载力矢量 a 之间的夹角。 θ 值的正负通过与向量 d 的模 $|OD|$ 与向量 a 的模 $|OA|$ 比较确定。

$$\theta \begin{cases} > 0, \forall |OD| > |OA| \\ = 0, \forall |OD| = |OA| \\ < 0, \forall |OD| < |OA| \end{cases}$$

根据向量数量积公式变换可求得：

$$\cos |\theta| = \frac{(a, d)}{|a| |d|} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ia} x_{id}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ia}^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{id}^2}}$$

式中： a 、 d 分别代表状态空间中的两个向量，其顶点分别为 A 、 D ， x_{ia} 和 x_{id} 则代表顶点 A 、 D 在状态空间中的坐标值 ($i = 1, 2, \dots, n$)， n 代表状态空间的维数。在本概念模型中， $n = 3$ 。定义区域土地承载潜力的数学表达为：

$$RCP = |OA| - Prj_{OA}OD = |OA| - \frac{\sum_{i=1}^n x_{ia}x_{id}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ia}^2}}$$

式中：RCP(Regional Carrying Potential)即区域土地承载潜力的值。

由此定义区域土地承载状况为：

$$\begin{cases} RCP > 0 & \text{超载} \\ RCP = 0 & \text{满载} \\ RCP < 0 & \text{可载} \end{cases}$$

2 长株潭城市群土地承载力评价

2.1 评价指标的选择

本文设定的指标体系分为压力指标、承压指标两大类：压力指标表征人地系统中的“人”，相对应于状态空间概念模型中的压力轴，包括经济增长类指标和人口类指标；承压指标表征人的主观能动性因子，在此将状态空间中的资源环境轴和潜力轴进行合并式表征（表1）。

表 1 长株潭城市群土地承载力评价指标体系

Tab.1 The Index system of evaluation on the land carrying capacity in CHANGZHUTAN megalopolis

压 力 指 标	增长速率 C ₁	GDP 年均增长速度 X ₁ (%)、第一产业年均增长速度 X ₂ (%)、第三产业年均增长速度 X ₃ (%)
	环境污染 C ₂	万元 GDP 废水排放量 X ₄ (t/ 万元)、万元 GDP 废气排放量 X ₅ (万标 m ³ / 万元)、万元 GDP 固体废物排放量 X ₆ (t/ 万元)
	物耗指标 C ₃	耕地年均减少率 X ₇ (%)
	人口指标 C ₄	人口自然增长率 X ₈ (‰)、城镇化水平 X ₉ (%)
承 压 指 标	资源指标 C ₅	人均粮食占有量 X ₁₀ (kg/ 人)、人均有效灌溉面积 X ₁₁ (亩 / 人)、人均耕地面积 X ₁₂ (亩 / 人)、粮食作物播面单产 X ₁₃ (kg/hm ²)
	环境治理 C ₆	森林覆盖率 X ₁₄ (%)、工业废水处理率 X ₁₅ (%)、工业废气处理率 X ₁₆ (%)、工业固体废物综合治理率 X ₁₇ (%)
	经济发展因子 C ₇	第一产业占 GDP 比重 X ₁₈ (%)、人均 GDP X ₁₉ (元)、第三产业占 GDP 比重 X ₂₀ (%)
	科技潜力 C ₈	高中以上在校学生占总人口的比例 X ₂₁ (%)
	生活质量 C ₉	农民人均纯收入 X ₂₂ (元)

2.2 评价指标权重及标准值的确定

用数学方法确定指标权重可以对其准确性进行精确检验，从而减少权重确定中的误差。采用熵值法来确定各指标权重值，以求能尽量达到客观地反映各指标所含的信息（表2）。

表 2 长株潭城市群土地承载力评价指标权重
Tab.2 The weight right of the index system of land carrying capacity in CHANGZHUTAN megalopolis

指标	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
权重	0.0024	0.0034	0.0016	0.1568	0.1544	0.0603	0.0630	0.0096	0.0238	0.0751	0.0641
位序	20	19	21	1	2	9	8	17	13	4	6
指标	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂
权重	0.0656	0.0003	0.0330	0.0203	0.0173	0.0634	0.0774	0.0290	0.0120	0.0580	0.0092
位序	5	22	11	14	15	7	3	12	16	10	8

采用标准法和参照系法确定区域土地承载力指标值（表3）。

表 3 长株潭城市群土地承载力评价指标标准值
Tab.3 The standard values of evaluating indicators in CHANGZHUTAN megalopolis

指标名称	指标代号	标准值	说 明
GDP 年均增长速度 /%	X ₁	15.60	根据长株潭区域规划至 2010 年年均增率适当调整
第一产业年均增长速度 /%	X ₂	5.00	根据第一产业年均增率适当调整
第三产业年均增长速度 /%	X ₃	12.00	根据第三产业年均增率适当调整
万元 GDP 废水排放量 /t/ 万元	X ₄	0.18	以时段内各区县最小值为标准值
万元 GDP 废气排放量 / 万标 m ³ / 万元	X ₅	0.12	以时段内各区县最小值为标准值
万元 GDP 固体废物排放量 /t/ 万元	X ₆	0.00	以时段内各区县最小值为标准值
耕地年均减少率 /%	X ₇	1.98	以时段内各区县平均值为标准值
人口自然增长率 /‰	X ₈	5.19	根据长株潭区域规划规划期内控制指标为标准
城镇化水平 /%	X ₉	35.00	据区域经济发展水平与城市化水平相关规律确定
人均粮食占有量 /kg/ 人	X ₁₀	840.29	以时段内各区县最大值为标准值
人均有效灌溉面积 / 亩 / 人	X ₁₁	0.91	以时段内各区县最大值为标准值
人均耕地面积 / 亩 / 人	X ₁₂	0.84	以湖南省 2006 年平均值为标准值
粮食播面单产 /kg/hm ²	X ₁₃	7542.25	以时段内各区县最大值为标准值
森林覆盖率 /%	X ₁₄	55.53	以湖南省 2006 年森林覆盖率为理想值
工业废水处理率 /%	X ₁₅	98.90	以时段内各区县最大值为标准值
工业废气处理率 /%	X ₁₆	99.80	以时段内各区县最大值为标准值
工业固体废物综合治理率 /%	X ₁₇	42.30	以时段内各区县最大值为标准值
第一产业占 GDP 比重 /%	X ₁₈	17.60	以湖南省 2006 年值为理想值
人均 GDP / 元	X ₁₉	27982.00	以长沙市 2006 年值为理想值
第三产业占 GDP 比重 /%	X ₂₀	49.18	以长沙市 2006 年值为理想值
高中以上在校学生占总人口的比例 /%	X ₂₁	12.19	以长沙市 2006 年值为理想值
农民人均纯收入 / 元	X ₂₂	5 653.24	以长沙市 2006 年值为理想值

2.3 长株潭城市群土地承载力评价

主要数据来源于长株潭三市和湖南省2000—2007 年统计年鉴，部分数据通过实际调查而得，对各类指标按下式进行标准化处理：

$$\textcircled{1} x_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{ij}^{\min}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}} \quad \text{或} \quad \textcircled{2} x_{ij} = \frac{x_{ij}^{\max} - x_{ij}}{x_{ij}^{\max} - x_{ij}^{\min}}$$

其中 x_{ij} 为第 i 项指标第 j 个县市区原始值， $x_{ij}^{\min}$ 为第 i 项指标第 j 个县市区的最大值， $x_{ij}^{\max}$ 为第 i 项指标第 j 个县市区的

最小值， x_{ij} 为第 i 项指标第 j 个县市区处理后的值。对压力型指标采用公式①，对承压型指标采用公式②。运用状态空间法计算得到长株潭城市群2006 年各县市土地承载力、承载潜力及承载状况（表4）。

表 4 长株潭城市群土地承载力评价结果
Tab.4 Results of the comprehensive land carrying capacity
in CHANGZHUTAN megalopolis

行政单位	现实区域土地承载力与理想承载力矢量模之差	现实区域土地承载力值	区域综合承载力矢量模	区域理想承载力	区域土地承载潜力
芙蓉区	0.1194	0.1769	0.1147	0.0575	-0.0572
天心区	0.1111	0.1686	0.1149	0.0575	-0.0574
岳麓区	0.1038	0.1613	0.1150	0.0575	-0.0575
开福区	0.0978	0.1553	0.1051	0.0575	-0.0476
雨花区	0.1104	0.1679	0.1112	0.0575	-0.0537
长沙县	0.0425	0.1000	0.0691	0.0575	-0.0116
望城县	0.0433	0.1008	0.0691	0.0575	-0.0116
宁乡县	0.0379	0.0954	0.0613	0.0575	-0.0038
浏阳市	0.0552	0.1127	0.0737	0.0575	-0.0162
荷塘区	0.0750	0.1325	0.0963	0.0575	-0.0388
芦淞区	0.1700	0.2275	0.1070	0.0575	-0.0495
石峰区	0.0822	0.1397	0.1040	0.0575	-0.0465
天元区	0.0854	0.1429	0.1002	0.0575	-0.0427
株洲县	0.0327	0.0902	0.0529	0.0575	0.0046
攸县	0.0534	0.1109	0.0542	0.0575	0.0033
茶陵县	0.0516	0.1091	0.0514	0.0575	0.0061
炎陵县	0.0249	0.0824	0.0335	0.0575	0.0240
醴陵市	0.0360	0.0935	0.0518	0.0575	0.0057
雨湖区	0.0953	0.1528	0.1085	0.0575	-0.0510
岳塘区	0.2075	0.2650	0.0992	0.0575	-0.0417
湘潭县	0.0374	0.0949	0.0413	0.0575	0.0162
湘乡市	0.0765	0.1340	0.0578	0.0575	-0.0003
韶山市	0.0360	0.0935	0.0551	0.0575	0.0024

从表4 可知，2006 年长株潭城市群各县市区的土地资源承载状况大部分表现出超载，超载程度不一。采用总分频率直方图法（图1）（横轴表示潜力分值，纵轴表示频数），将长株潭城市群各县市的区域土地资源承载潜力状况分为四个等级：重超载、中超载、轻超载和可承载四个类型区，并把评价结果用图2 表达。

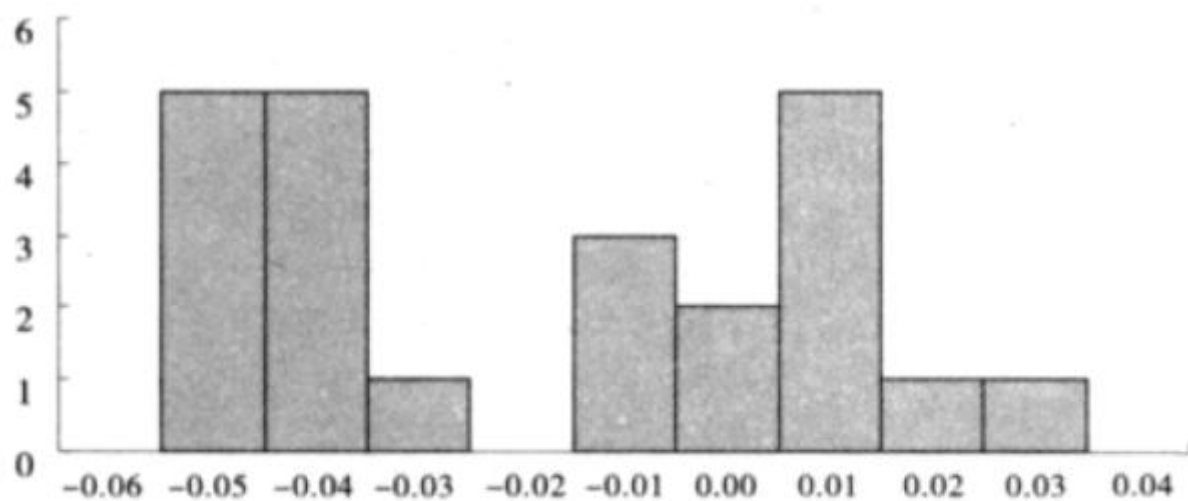


图 1 长株潭城市群土地承载力总分频率直方

Fig.1 The frequency histogram of the land carrying capacity in CHANGZHUTAN megalopolis



图 2 长株潭城市群土地承载状况分布

Fig.2 The regional division of the land carrying capacity in CHANGZHUTAN megalopolis

2.3.1 重超载区。该区包括芙蓉区、天心区、雨花区、岳麓区。属城市建成区，人口稠密、经济发达，经济社会发展对资源环境的压力最大，同时人均土地资源少，土地资源承压能力低，导致土地资源承载潜力低。本区应在对城市进行科学定位的基础上，做好城市规划与土地利用规划的衔接。实行严格的建设用地增量的控制，加快土地向集约利用转变，提高土地利用率。包括制订严格的建设用地期限和年度增量指标，明确城镇、产业和园区单位面积土地承载量的集约用地标准。加大农业用地的保护力度，在建设用地开发过程中防止水土流失和环境污染，对城市郊区严重污染的农用地，可置换为工业用地或其他建设用地；对于郊区未污染的闲置建设用地，可整理复垦为农用地。

2.3.2 中超载区。该区包括雨湖区、芦淞区、开福区、石峰区、天元区、岳塘区、荷塘区。基本属于城市建成区，但是人口经济密集度低于重承载区，工业特别是重工业集中，“三废”污染严重，属于典型的“高污染、高消耗”区，土地承载压力

比重承载区稍低。适当增加城镇工矿建设用地供给，满足其加快工业化和城市化发展的需求。优化城区土地利用，推进城市更新和企业用地置换，实行城市建设用地增加与农村建设用地减少挂钩。合理规划工业用地，建设高标准工业园区，引导工业项目入园，积极转变工业增长方式，大力治理环境污染，提高土地生态承载能力。

2.3.3 轻超载区。该区包括浏阳市、望城县、长沙县、宁乡县、湘乡市。属于城市建成区的外围地带，县域经济发达，农村地域面积广大，经济发展潜力巨大，经济发展对资源环境的压力比重超载区、中超载区有所降低，土地承载能力较高。但是局部地区重工业污染严重，环境治理投入不足，土地生态环境面临较大的潜在威胁。大城市边缘的粮食产区，粮食生产潜力较大。可大力发展郊区农业、生态农业，增加蔬菜、瓜果用地，保障市区蔬菜水果供应。

2.3.4 可承载区。该区包括韶山市、攸县、株洲县、醴陵市、茶陵县、湘潭县、炎陵县，属于城市建成区的周边县市，山地、丘陵众多，关系城市群生态安全。农村地域面积广阔，农村人口比重较大，经济密度较大区域仅限于县府所在地和其他重点城镇，经济发展相对落后，对土地资源的承载压力最小，资源环境承载能力最强。实行严格的土地用途管制，禁止可能威胁生态系统稳定的土地利用和资源开发活动。优先引进对生态环境污染小的项目，重点发展农副产品深加工，大力发展生态旅游，防止对生态环境造成新的破坏。该区也是长株潭城市群耕地和基本农田的重点保护区，应加大土地整理投入，提高土地生产效率。

3 提高长株潭城市群土地承载力的对策

3.1 加强土地利用管理，保障生态环境安全

依据土地利用总体规划，实行差别化的土地利用政策，以生态安全为前提，明确土地资源安全目标，强化土地利用管理，实现合理的发展容量控制，保障人居和谐的必要生态用地，构建覆盖全区域的生态安全体系。合理划定城市发展弹性区，明确城市和城镇增长边界，协调城镇建设用地与生态用地的比例，加强湘江及其沿线城市污染治理，保障湘江流域生态环境安全。

3.2 强化国土资源综合开发，构建生态良好的土地利用格局

以推进形成主体功能区为契机，强化土地资源核算，夯实国土资源综合开发基础，建立有利于促进产业转型的资源投入机制，形成合理的国土资源综合开发利用格局。按照城乡统筹、农业结构调整要求，优化土地资源配置，建设以大面积、集中连片的林地、草地和基本农田等绿心、绿带为主体的国土生态安全屏障，协调配置生产与生活用地，逐步形成功能互补的土地生态空间布局。

3.3 合理开发利用土地资源，严格保护基础性生态用地

保持天然林地、草地、江河及其他湿地等基础性生态用地的基本稳定，积极培育人工林地、草地，防止流域性土地生态破坏，有序拓展土地利用广度，保障区域健康发展的生态用地。引入循环经济理念，以节约集约用地为根本方针，合理界定地块使用强度，实行土地规模经营，改造传统工业生产模式，防止工农业生产破坏土地生态环境。

参考文献：

- [1] 蓝丁丁，韦素琼，陈志强.城市土地承载力初步研究——以福州市为例[J].沈阳师范大学学报(自然科学版)，2007，25(2)：252.
- [2] 刘兆德，虞孝感.长江流域相对资源承载力与可持续发展研究[J].长江流域资源与环境，2002，11(1)：10.

-
- [3] 黄国勇, 陈兴鹏. 甘南藏族自治州土地承载力的系统动力学分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2003, 39(4): 75.
- [4] 格日乐, 程宏, 邹学勇. 额济纳绿洲土地承载力研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2006, 42(6): 624.
- [5] 漆良华, 周金星, 张旭东. 长江上游山丘区土地承载力研究与评价——以四川省宜宾市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 169.
- [6] 余万军, 吴次芳. 基于生态足迹和农业生态区域法的土地人口承载力比较研究——以贵阳市为例[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2007, 33(4): 466 - 472.
- [7] 谢高地, 周海林, 鲁春霞. 我国自然资源的承载力分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(5): 93.