

土地承载力两大法则及其适用性

靳亚亚^{1,2}, 李陈³, 靳相木^{1,2}

(1. 浙江大学 公共管理学院, 浙江 杭州 310058; 2. 浙江大学 土地与国家发展研究院, 浙江 杭州 310058; 3. 安徽师范大学 地理与旅游学院, 安徽 芜湖 241002)

摘要: [目的] 以往的土地承载力研究隐含着限制因素决定论和多因素综合论两大认识倾向。在分析这两大类研究方法论的基础上, 提出土地承载力第一、第二法则, 以丰富承载力理论体系, 为其更好地服务社会实践提供理论依据。[方法] 采用文献分析法、比较分析法开展研究。[结果] 沿袭“最小法则”、“限制因子定律”及“木桶原理”, 土地承载力第一法则揭示的是在一个相对封闭环境的人地系统中, 限制性因素对土地承载力的大小往往起决定性作用; 该法则通常适用于“地球可以承载多少人口规模?”、“一个国家能够养活多少人?”及“特殊地区紧缺资源的支撑能力是多少?”等情境。在整体论、系统论思想指导下, 土地承载力第二法则昭示的则是在一个相对开放环境的人地系统中, 土地承载能力由多种因素共同决定; 该法则主要适用于“区域土地综合承载能力”和“区域土地综合承载力指数”两类情境。[结论] 两大法则下的承载力内涵不同, 适用的情景状况理应不同, 所服务的研究目标也不尽相同。今后在应用土地承载力两大法则时, 除需符合特定的假设条件之余, 还应就土地承载力两大法则所蕴含的最值属性、空间尺度与两大法则的关联性等问题做出相关控探索。

关键词: 土地承载力; 法则; 因素; 适用

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2019)04-0158-08

中图分类号: F301.24

文献参数: 靳亚亚, 李陈, 靳相木. 土地承载力两大法则及其适用性[J]. 水土保持通报, 2019, 39(4): 158-165. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.04.025; Jin Yaya, Li Chen, Jin Xiangmu. Two laws of land carrying capacity and applications[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(4): 158-165.

Two Laws of Land Carrying Capacity and Applications

Jin Yaya^{1,2}, Li Chen³, Jin Xiangmu^{1,2}

(1. School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058, China;

2. Land Academy for National Development, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058,

China; 3. College of Geography and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241002, China)

Abstract: [Objective] Two cognitive tendencies were implied in the study of land carrying capacity(LCC), they are, the limiting factor theory and the multifactor comprehensive theory. Based on the methodology review of these two types of research, two laws of LCC were refined, which could enrich the theoretical system of carrying capacity and serve the social practice better. [Methods] Methods of documentation and comparative analysis were employed. [Results] In the lights of the ideas of “the Law of the Minimum”, “the Principle of Limiting Factors” and “the Cask Theory”, we presented the first law of LCC, which reveals the fact that in a relatively closed man-nature system, the LCC depends on the carrying capacity of the limiting factor exclusively. This law is mainly applied to such situations as “How many people can the Earth carry?”, “How many people can a country support?” or “What is the supporting capacity of scarce resources in a particular region?”. Under the guidance of holism and systematology, the second law of LCC says that in an absolute open man-nature system, the LCC is determined by the synthesizing effect of multiple factors. Situations like “the amount of regional comprehensive carrying capacity” and “the index of regional comprehensive carrying

收稿日期: 2019-01-29

修回日期: 2019-03-05

资助项目: 国家自然科学基金项目“‘转一征一供’框架中保有耕地农户发展权的变换测量及其‘准市场’补偿机制研究: 以浙江省为例”(71273226); 安徽省高校人文社会科学研究项目“乡村旅游用地困境与政策创新研究: 以安徽省为例”(SK2018A0246)

第一作者: 靳亚亚(1990—), 女(汉族), 山西省泽州县人, 博士研究生, 研究方向为土地承载力。E-mail: jinyayaqq@sina.com。

通讯作者: 靳相木(1969—), 男(汉族), 山东省莒南县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事土地政策、土地利用研究。E-mail: jinxiangmu@zju.edu.cn。

capacity” can adopt this theorem. [Conclusion] Each law explains different connotations of LCC, which means the laws are appropriate for various circumstances respectively, and can meet different research purposes. When applying the two laws of LCC later, such problems as the maximum attribute contained in the LCC, or the relationship between the spatial scale and the laws need to be studied in addition to the prerequisites.

Keywords: land carrying capacity; laws; factor; application

如同地球重力一样,承载力(carrying capacity)是一种客观存在的自然属性^[1]。承载力原先是一个纯粹的力学概念,指物体在不产生任何破坏时的最大荷载^[2]。人文社会科学对承载力理论的探究起源于人口统计学、应用生态学和种群生物学三大领域^[3],最早可追溯至 1798 年 Malthus^[4] 的《人口原理》,后者首次提出了一个承载力研究框架,即根据耕地的产出状况确定人口的极限数量。1922 年, Hawden 和 Palmer^[5] 用“载畜量”表征畜牧业中一定草场资源内的最大牲畜数量。以上对各类土地资源最大负荷的探讨,是土地承载力(land carrying capacity)的雏形。20 世纪中叶以来,随着社会的向前推进、人与自然关系的加深,全球性资源环境问题逐步凸显,表征人地关系的土地承载力成为各国、各领域的重要议题^[6-7]。国际方面,1949 年, Vogot^[8] 将土地负载能力表达为生物潜力与环境阻力的比值;1965 年, Allan^[9] 以粮食供需为主线,将土地承载力定义为在不发生土地退化的前提下,某一区域所能供养的最大人口数量;1972 年罗马俱乐部出版的《增长的极限》探讨了全球承载力^[10];1973 年, Millington 等^[11] 采用多目标决策法,测算了澳大利亚的土地承载力;1977 年, FAO^[12] 研究了 117 个发展中国家土地资源承载的最大人口规模;1984 年, Sleeser 等^[13] 用系统动力学构建 ECCO 模型(enhancement of carrying capacity options),用以计量包括土地在内的资源承载力;1992 年起, Rees, Wackernagel^[14-15] 提出度量人类资源消费对土地施加负担的生态足迹模型(ecological footprint),在此基础上, Niccolucci 等^[16] 于 2009 年引入足迹广度和足迹深度两个指标,将其拓展为三维生态足迹模型(a three dimensional ecological footprint);2014 年, Lane 等^[17] 以土地利用、人类需求等参数为基础,建构土地承载力仪表盘(carrying capacity dashboard)线上评估平台。国内方面,任美铎^[18] 于 1950 年对四川省耕地资源承载人口规模进行评估,开启了中国土地承载力研究的先河;以 FAO 成果为蓝本,1986—1990 年,中科院“中国土地资源生产能力及人口承载量研究”项目是迄今为止国内最全面、最具影响力的土地承载力研究成果^[19]。此外,借鉴国外理论与方法,国内也相继涌现出一些颇具创新性的观点

和见解,如以参照区为标准的相对土地承载力测算^[20]、建构“社会人”视角下的土地综合资源承载力模型^[21]、三维生态足迹模型的一体化表征^[22]等。一般地,土地承载力意指作为自然—社会经济综合体的土地所能支撑人类活动的规模及强度。众多的土地承载力研究成果中隐含着两大认识倾向:一是根据耕地产出等单一因素测算研究区的土地承载力,二是依据粮食产量、经济产出、生态环境等多种因素的综合效应评估土地承载力。本文在对该两类研究进行认识论倾向梳理的基础上,揭示各自所蕴含的科学思想,总结提炼为土地承载力第一法则、第二法则,并对两大法则的使用情境进行分析和比较,以丰富承载力理论体系、服务社会实践需求。

1 土地承载力第一法则

1.1 认识倾向

在以土地承载力为核心命题的研究中,有一种是沿着“耕地—粮食—人口”的路径展开的。Vogt^[8] 认为宜耕地数量及其产量均是有限的,地球负载人口极限是 22 亿人。斯泰林等生态学家认为全球耕地规模极值是 $1.40 \times 10^9 \text{ hm}^2$,产量可达 $7\,297.5 \text{ kg/hm}^2$,人口规模上限是 102 亿人^[23]。FAO 的研究结果显示,在农业低投入情况下,117 个发展中国家中的 65 个国家在 2000 年会出现人口超载危机^[12]。依中科院的测算结果,我国耕地规模最大为 $1.23 \times 10^8 \text{ hm}^2$,粮食总产量约 $8.30 \times 10^8 \text{ t}$,以人均消费 500 kg 计,土地资源人口承载量为 16.6 亿人^[7];类似地,袁建华等认为,至 21 世纪中叶,我国粮食生产量最大可达 $8.00 \times 10^8 \text{ t}$,按人均需粮 $500 \sim 600 \text{ kg}$ 计,最多可承载 14~16 亿人^[24]。与此同时,研究土地承载力的另一种路径是:通过比选各类(土地)资源的承载状况的最小值来确定最终的承载能力。Millington 等^[11] 以澳大利亚为例,分别测算了土地、水、气候、能源等资源对该国人口的支撑能力,得出虽然基于土地资源劳动密集型农业能够养活 2 亿人,但是按照该国的水资源条件,只能满足 0.8 亿人生存。彭立、刘邵权^[25] 通过比较攀枝花、六盘水两市的土地粮食人口承载力、土地经济关系人口承载力及可利用适宜建设用地人口承载力大小,选取三者中的交集即最小值作

为最终的土地人口承载力。彭文英、刘念北^[26]以首都圈为研究区,比较分析其建设用地人口承载量、水资源人口承载量及建设用地生态适宜量,得出水资源是影响该区人口规模的关键因素,在综合运用再生水利用、调水配置等技术下,首都圈的土地承载人口数量为1.21亿人。以上两种研究路径所反映的认识倾向是:虽然影响土地承载力的因素众多,但土地承载能力的大小往往受限于某一类因素,该类因素不仅与人类生存息息相关,而且表现出很大程度的稀缺性。换句话说,对于土地承载能力的探讨只需要关注该类限制性因素即可。这就好比木桶盛水一样,即便长板也在发挥作用,木桶盛水量的多少却取决于最短的木板,即“木桶原理”。

1.2 思想渊源

限制性因素也好,短板也罢,其思想渊源最早可追溯至19世纪20年代兴起的农业化学领域。1828年,德国农业化学家 Sprengel^[27]在《耕作层和底土层中的物质》中探讨了植物“矿质营养学说”(the theory of mineral nutrition of plants),提及“最小法则”(the law of the minimum)。德国另一位杰出的农业化学家、现代农业创始人 Liebig^[28]在一系列的施肥试验中总结出经典的“最小养分率”,即植物为了生长发育需要吸收各种养分,但是决定植物产量的,却是土壤中那个相对含量最小的有效植物生长因素,产量也在一定限度内随这个因素的增减而相对的变化。Liebig^[29]于1855年出版的《化学与农业和农田试验的联系》中首次使用“最小值”(minima)术语,并详细例证了“最小法则”。另外,“农业化学50条原理”中的第35条便是对“最小法则”的刻画^[30]。20世纪初,Blackman^[31]将影响植物生长的内外因素予以综合考虑,提出植物生长速度公理:当植物的生长速度受多个单独的因子影响时,那个“最慢”因子的速度决定了整株植物的生长进程。其中,“最慢”因子等同于“限制性”因子,也就是所谓的“限制因子定律”(the principle of limiting factors)。20世纪40年代, Peter^[32]以长短不齐的木桶盛水示意,向管理层谏言“给最短的板加长”,“木桶原理”由此广为流传。由“最小法则”到“限制因子定律”,再到如今的“木桶原理”,均在阐释限制性因素的决定性作用。同时,理论的提出伴随着特定的前提条件,在条件中隐含着特定的适用情境。以“最小法则”为例,该理论的前提条件至少包括内因的不可或缺性和外因的“置之度外”、各因素间既不可或缺又不可替代等。类似地,在将该认识论运用至土地承载力研究时,也应设定相应的前提条件,限

制性因素的决定作用只有在符合该条件下才能发挥作用。

1.3 法则基本内容

综上,将土地承载力第一法则提炼为,在一个相对封闭环境的人地系统中,限制性因素(如粮食、水资源等)对土地承载力的大小往往起决定性作用,此时可暂不考虑其他非限制性因素的影响。其数学表达式为:

$$LCC_1 = \min(f_{c1}, f_{c2}, \dots, f_{ci}, \dots, f_{cn}) \quad (1)$$

式中: LCC_1 ——土地承载力的大小,常用可承载的人口规模来表达;它通常是一个绝对数量的概念,而且是以最小值(min)来确定最终值,并非一个加总的概念; f_{ci} ——研究区第*i*种因素的承载力大小,可用该区第*i*类因素的总供给量与人均需求量的比值来求取,也可以采用系统动力学等模型方法求得。

土地承载力第一法则所刻画的承载力内涵更多地是从人类最基本的生存需求出发,关注最短缺的生存要素对“活着”的限制程度。就像图1中的木桶盛水一样,研究区相当于一只木桶,在不考虑与外在因素互动、处于相对封闭环境状态时,木桶中的盛水量,也就是土地承载力 LCC_1 ,由最短板的长度决定,该短板也就相当于限制性因素*i*。

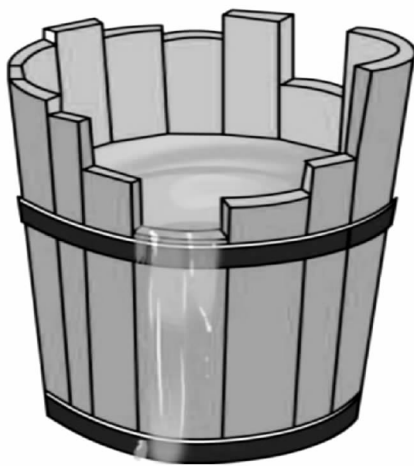


图1 土地承载力第一法则示意图

1.3.1 封闭环境假设 土地承载力是人地系统功能和潜力大小的集中体现^[33-34],它是一个包罗人口、资源、环境等因素在内的纷繁复杂的人地综合系统^[35]。从相对意义上讲,人地系统有开放与封闭之分。式中:封闭系统主要体现为某一地区的人地关系演化主要依赖其内部的各组织和要素,与该地区以外的区域不存在任何社会经济联系;开放系统指人地关系的发展由内外部因素共同作用^[36]。绝对的封闭或开放系统在真实世界中是不存在的,任何系统总是在介于封

闭—开放之间的,土地承载力系统也不例外,开放与封闭状态只有程度上的差别,是相对而言的,不会出现所谓的完全开放或者完全封闭情况。就土地承载力的相对封闭性而言,主要针对研究区自身的土地资源能够供养的人口数量,而不应将该区与外界的物质交换(如进口粮食)等纳入承载能力范畴。如同图1中的木桶所示,长、短板是清晰可见而且相对固定的,不去考虑将长板多余的部分置换以“修补”短板,仅从相对静态、封闭的情境下去考察木桶容量。事实上,根据研究需要,围绕所要解决的问题和想要实现的目标,是可以在承认开放性的基础上,将研究区假设为“封闭环境”的。这就类似于物理学中的摩擦力一样,虽然摩擦力是无处不在的,但在某些情况下,为服务于特定的研究需求,即便摩擦力很大,仍可假定摩擦力为零而将其忽略不计。具体地,土地承载力系统中的封闭环境假设情形可分为:①着眼于全球视野的土地承载力评估。Rees^[37]曾形象地指出,我们生活的地球是一个相对封闭的“容器”,它在很多时候无法获得外界的帮助和支援;②某一研究区因地缘、气候、水文等先天性因素与外界“自动”区割开来,且在可预见的时期内,科技水平尚不能将其与其他地区“联通”,如撒哈拉沙漠的土地承载力很大程度上取决于水资源供给量,“沙漠变绿洲”仍遥遥无期;③冷战、闭关锁国等人为因素切断了某研究区与外界的交流;④出于国家安全、民族利益、社会稳定等因素的考虑,将研究区视作一个封闭环境。

1.3.2 限制性因素 土地承载力第一法则中的限制性因素主要包括两层含义:第一,限制性的量化等同于稀缺性。在一种相对封闭的环境中,由于被动或主动地切断了外部环境的“补给”,那么,决定土地承载力结果的,只能是其中最为稀缺的资源,其他资源不足以替代该稀缺资源所发挥的功效,故即使再丰裕也不能影响土地承载力的大小;第二,该限制性或者说稀缺性主要针对的是人类基本的生存需求,如粮食、水资源等。人类的其他较高层次需求如交通旅游、就业支撑、生态景观等均不在限制性因素的考虑范畴,从“生物人”的角度来确定限制性因素是土地承载力第一法则的鲜明特征。类似于图1木桶中承载的物质——水这一化合物一样,第一法则所刻画的承载物质“生物人”只有基本生存需求的单一属性,具有水的特性。以研究区X为例说明土地承载力第一法则的基本内容:假定X有耕地、林地、草地、荒地等四类用地100 hm²,各地类依次占比为1%,10%,60%,29%,影响X地居民生存最基本的要素是食物,即粮食资源,那么在相对封闭环境的假设下,X地区的土

地承载力完全由当地1%的耕地面积及其粮食产量决定,其他地类及产出效益是不纳入土地承载力评估范畴的,是可以忽略不计的。

1.4 适用情境

在相对封闭环境下,限制性因素决定论的思想通常适用于“地球可以承载多少人口规模”、“一个国家能够养活多少人”及“特殊地区紧缺资源的支撑能力是多少”这3种情境。

1.4.1 地球可以承载多少人口规模 人们对土地承载力的研究始于“地球能够承载多少人口规模”这一哲学式的发问。对于地球这个“孤岛”而言,显然处于一种相对封闭状态,此时的土地承载力更多地只能从满足人类最基本需求——饮食方面入手,估算地球能够提供多少食物,就能相应地容纳多少人口数量。民以食为天,粮食是人类存活的救命稻草,成为最大的限制性因素,全球生产的粮食总量直接决定了地球的人口规模。故在以全球这一最大尺度为研究区域时,无需考虑土地上有多少建筑空间、能提供多少就业岗位或者是可以吸纳多少废弃物等,地球承载力的大小取决于粮食资源的生产能力,二者呈显著的正相关关系。

1.4.2 一个国家能够养活多少人 对于一个国家来说,无论是从主权独立的政治立场出发,还是出于国泰民安的考量,或是其他,均有必要将国家置于一种相对封闭的环境之中,探究本国在自给自足的条件,所能供养的最大人口数量。一个国家的土地承载人口能力仍将粮食资源作为限制性因素,遵循“耕地—粮食—人口”的研究路径,这主要是因为粮食不仅是人地关系协调的核心问题,而且是国家政治、经济关系等的重要评判,其重要性仅次于石油资源,是国家及国家联盟争取独立自主、抵御外在政治经济军事等压力的重要武器^[38]。

1.4.3 特殊地区紧缺资源的支撑能力是多少 不可否认的是,在研究某些特殊地区时,由于地形地貌、气候、水文等“先天性”条件制约,影响土地承载能力的很有可能不是粮食资源,而是其他更为紧缺的资源。该类资源对于人类生存而言不仅必不可少,而且受限于地理位置、技术水平等几乎无法获得“外援”,故一方面,可将其置于一种相对封闭的环境中进行研究,另一方面,该紧缺资源即为影响土地承载力的限制性因素。如极度干旱地区的粮食资源可以通过贸易往来得以增加,但水资源的调剂不单要考虑资金、技术实力,更要兼顾地形地势等客观现实因素,一些地区甚至不具备修建引水工程的条件,此时的水资源成为土地承载力的限制性因素。

2 土地承载力第二法则

2.1 认识倾向

除限制性因素决定论这一认识倾向外,土地承载力研究成果中还隐含着另外一类与之截然相反的认识倾向,即多因素综合决定论。在该理论指导下,学界对土地承载力的研究路径大致有两种。第一种是将多种因素作用下的土地承载绝对量进行综合。哈斯巴根等^[39]采用系统动力学模拟出 2020 年呼和浩特市的食物型、货币型及综合人口承载力依次为 310 万人、1 723 万人、1 000 万人。Shi 等^[40]将上海市不同土地利用类型上所承载的人口数量相加,得出该市土地承载人口数量介于 2 717.32~3 033.08 万人。Lane 等^[17]以澳大利亚为研究对象,将居民生产及消费特征、土地利用状况、气候变化等因素纳入承载力仪表盘,对该国的可承载人口数量及剩余承载空间进行实时动态评估。李陈^[21]将土地承载人口规模分生产、生活、生态三方面进行线性加权,得出温州市 2020 年可承载人口数量介于 1 037.88~1 198.31 万人。第二种是将多因素作用下的土地承载相对量进行综合。Vitousek 等^[41]测得人类消费量约占净陆地初级生产力(net primary production)的 40%,换句话说,地球还有 60% 的可承载空间。国内诸多学者^[42-46]通过构建区域的土地综合承载力评价指标体系,加权求得土地承载力指数值,以反映土地承载能力的强弱。另外,靳相木、柳乾坤^[22]以三维生态足迹为基础,构建了承载力评价的生态压力分指数及土地综合压力指数。

多因素综合决定论这一认识倾向在土地承载力研究中主要体现为:土地承载能力是多种因素共同作用下的结果,每一类因素都能够影响土地承载力的大小或强弱,没有任何一类因素能够对最终的承载结果起决定性作用。这就好比木桶盛石头一样,木桶的承载容量由长、短板共同决定。

2.2 思想渊源

如果说限制因素决定论强调部分对整体的制约,那么,多因素综合论则是从整体论、系统思想入手,将各组成部分看作整体不可分割的个体。整体论及系统论在哲学、医学、系统科学、生态学等领域内被普遍认可。哲学中的整体论、系统论思想由来已久,在西方可追溯至古希腊的柏拉图和亚里士多德对整体与部分的讨论,相关论断如“整体是逻辑在先的”、“部分不能离开整体而存在”等^[47],赫拉克利特指出“世界是包括一切的整体”。近代社会的黑格尔、斯宾诺莎、莱布尼茨等哲学家也是整体论、系统论的强力倡导

者。马克思主义辩证唯物论指出,任何事物都是相互联系的,世界是一个普遍联系的整体。现代社会的迪昂、奎因、维特根斯坦等哲学家不断推进和丰富了系统论、整体论的理论内涵,包括实在整体论、“意义整体论”、语境论等^[48]。中国中医倡导的天人合一、万物一体等哲学思想也是系统论、整体论观念的生动体现。整体论与系统论一脉相承,至 20 世纪,两者上升为科学研究纲领性思想之一。1912 年格式塔心理学首次把“整体”作为该学科的研究纲领^[49]。1926 年,Smuts^[50]首次在生物学语境下创立整体论一词,用以描述整体大于部分总和。1945 年,贝塔朗菲^[51]提出一般系统论,其所建立的机体论与系统论观念是被称为整体论的第一个较完善的科学范式。20 世纪 60—70 年代,复杂性科学异军突起,如普里格金的耗散结构论、哈肯的协同学、艾根的超循环理论、托姆的突变论、洛伦茨和帕卡德的混沌学、曼德布罗特的分形理论等,其实质与核心思想均是整体论^[52]。系统论、整体论作为一种注重联系的世界观与方法论体系,主张系统中的各个部分是有机整体,不能将其割裂或者分离来理解^[48]。作为人类活动与自然环境相互作用和影响而形成统一整体的人地系统^[36],在特定条件下,理应秉持整体论、系统论的价值取向,综合考虑土地承载力的各影响因素,用整体性、系统性思维去把握土地承载力内涵和效果。

2.3 法则基本内容

综上,将土地承载力第二法则提炼为,在一个相对开放环境的人地系统中,,土地承载力的大小由多种因素共同决定。其数学表达式为:

$$LCC_2 = F(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_m) \quad (2)$$

式中: LCC_2 ——土地承载力的大小或强弱,是一个综合值的概念;它既可以是一个绝对量,又可以是一个相对量;既可以表示承载的人口规模、社会经济活动总量等,也可以表征承载能力的高低; x_j ——影响研究区域土地承载力的各个因素; $F(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_m)$ ——各因素相互作用下的综合效应,具体可借助系统动力学、空间分析、回归方程等模型和方法来实现。

仍以木桶容量做类比,如图 2 所示,木桶仍由参差不齐的长短板搭配组成,与图 1 最大的区别在于桶里承载的物质由化合物(水)变成了混合物(石头),这正是土地承载力第二法则所界定的承载力内涵,其主要着眼于土地利用的多功能性和人类社会的多样性需求,从“社会人”的视角出发,在开放环境中去考量多种因素交织影响下的承载规模和强度。故虽然短板仍然存在,但其他长板也在发挥作用,最终的木桶

容量由长短板共同决定,也即土地承载力由多因素综合决定。

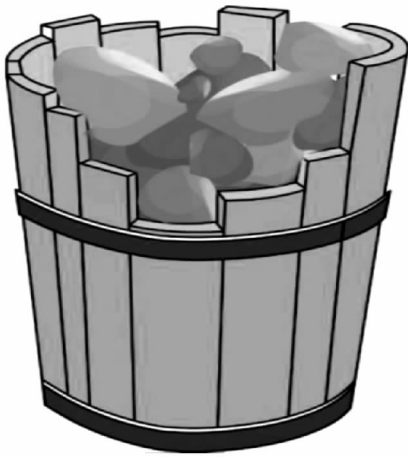


图2 土地承载力第二法则示意图

2.3.1 开放环境假设 土地承载力中的相对开放环境主要指研究区在利用自身土地资源及其产出与外界进行物质等交换(如贸易往来)的基础上,所能承载的人口规模或者社会经济活动总量。根据研究需要或现实需求,可将开放环境假设为以下两种情形:①在强调某研究区的不可封闭性,或者说强行封闭操作无意义时,可将其视为为开放环境。此时,粮食等物质资源(包括能源)可以自由调配、劳动力可以随意流动。纵然可以假设研究区不存在区际贸易,但这种假设在充斥着大量流动性的现实面前,毫无正当理由和事实根据,没有“封闭”的必要性可言,那么,仍以相对封闭为前提得出的土地承载力结果解释力也就黯然失色了。②当需要突出研究区内部因素的互补效应、将影响土地承载力的各类资源当作一个整体来对待时,可将其视作处于开放环境系统中。人们可以为了保证充足的粮食供应而开发荒地等地类,或者对各类废弃土地整理复垦重新投入使用,同样地,人们也可以因满足工业化城镇化建设用地需求而将一定量的耕地征收进行各种非农活动行为。另外,耕地资源在满足人们基本生活需求的同时,兼具景观欣赏、净化空气、保持水土等生态功效;建筑空间为人们提供居住场所、就业场所、休憩娱乐条件等;水文、气候、能源等各类资源均对研究区的土地承载能力有所“贡献”。这些因素在相互制约的同时又相互影响,所形成的合力决定土地承载力的最终结果。

2.3.2 多种因素综合 土地承载力系统涉及人口、资源、经济、技术、环境、生态等诸多因素的渗透与互动。在相对开放环境下,一方面,通过货币媒介,几乎所有资源(包括非物质性知识、服务)从理论上说均可

换回研究区内的稀缺资源^[42],外界的“补给”可以一定程度上弥补粮食等限制性因素的不足;另一方面,资源的广义替代性也是普遍存在的。此时,已经不存在所谓的限制性因素一说,因为该类因素或者可以借助外部环境来“弥补”,或者通过内部系统的相互促进与制衡来“修正”,或者两者兼而有之,土地承载力大小由多种因素共同决定。如图2所示,木桶中的承载物质由单一物质的水换成多种物质混合而成的石头,正是由于开放环境中所产生的“互补”效应所致。在这一过程中,土地用途的多功能性得以充分发挥,人类社会的多样性需求得以满足^[53]。仍以研究区X为例来说明土地承载力第二法则的基本内容:在相对开放环境的假设条件下,10%的林地产出可以为当地居民提供必要的建筑材料,多余部分可以流转至Y换取更多的粮食、水泥等物质,60%的草地提供了休闲娱乐的开敞空间,同时畜牧业的发展可以壮大当地经济、增强居民生产、生活、生态等多方面需求的购买力,可以看出,在仍然是1%的耕地资源的前提下,X的土地承载力由各类资源、经济条件等共同决定。

2.4 适用情境

在相对开放环境下,资源的广义替代性、外界的补偿效应等均对土地承载力产生或多或少的的影响,人口、经济、资源、环境、技术等因素的综合作用共同决定研究区的土地承载能力。具体的适用情境主要有“区域土地综合承载能力”和“区域土地综合承载力指数”两大类。

2.4.1 区域土地综合承载能力 在一个相对开放的人地系统中,开展区域的土地综合承载能力评估,是在承认资源的替代性和区际贸易的重要性基础上,去探讨土地承载力的阈值性。毕竟,物质、能量、信息的互通有无显然不能解决所有问题,否则世界上也不会有富裕与贫困、先进与落后等对立关系的存在。区际交流确实会影响一个区域的土地承载能力,但绝不会无限“拔高”该极值。如进口粮食能提高非洲国家的土地承载人口数量,但不能就此认为只要粮食充足,非洲人口可以无上限增长。通常来说,借助科学的分析模型,将一个区域人口、资源、经济、环境、生态等模块均“加载”至土地承载力研究中去,是能够相对客观地估算出土地承载力的绝对量数值的。

2.4.2 区域土地综合承载力指数 区域土地综合承载力指数研究仍立足于打破研究区域的孤立性和封闭性,兼顾物质与能量的区际交流、信息往来等因素,从人地系统的整体性特征出发,更多地去探讨土地综合承载能力的相对大小,而非致力于估算承载能力的绝对量数值。故在实际应用中,如果研究目的不是为

了得知一个区域究竟能承载多大规模的人口或者社会经济活动,而是关注于研究区在一个相对开放环境中的土地综合承载能力的时空差异,便可采用该种相对量表达的情境模式。通常做法是借鉴可持续发展指标体系,选取或构建表征人地关系系列指标,依据定量化处理后的指数值评价土地综合承载能力。

3 讨论与结论

3.1 讨论

总体上而言,根据研究目的及实践需求等,可选用相应的土地承载力法则开展研究。在此需补充说明的是,今后在应用土地承载力两大法则时,除需符合特定的假设条件之余,还应就以下内容做出回应。

(1) 两大法则所蕴含的最值属性。土地承载力的阈值性是毋庸置疑的,问题的关键在于最大值与最优值的区分。最大值强调土地承载能力的极限,最优值注重土地承载力系统的帕累托效率,前者通常大于后者。土地承载力第一法则从人类最基本的生存需求出发,凸显单一的限制性因素对土地承载力的决定性作用,并不致力于追求人地系统的帕累托最优,而是试图去回答在一个相对封闭环境中,研究区的土地能够养活人口的极限究竟是多少,是一个求解最大值的过程。土地承载力第二法则兼顾人类需求的多样性和土地用途的多功能性,在测算土地承载力时存在需求满足的优先级、用途置换的效率与公平等诸多问题需要去权衡,应从多种可能的组合选项中择优确定土地承载力,力争实现人地系统的稳定、和谐与可持续,从这个意义上来看,是一个求解最优值的过程。故在应用土地承载力第一法则时,建议从极限角度出发,落脚点是土地承载力的最大值;在应用土地承载力第二法则时,建议从帕累托效率方面考虑,落脚到土地承载力的最优值。

(2) 空间尺度与两大法则的关联性。文中主要从相对封闭与开放的假设条件出发,对土地承载力两大法则作出相应解释,其中暗含着研究区域的空间尺度与该两大法则的对应关系。一般而言,国家及以上大尺度区域的土地承载力评估应首选第一法则,一方面是考虑到大尺度区域的相对封闭假设条件更容易实现,另一方面是基于自给自足对于国家等大尺度区域的战略重要性考量;国家以下的中小尺度区域应首选第二法则开展土地承载力研究工作,这主要是因为真实世界中中小尺度区际间的物质、能量、信息等交换活动颇为频繁,几乎不存在任何物理空间上的限制,加之随着社会生产力的不断进步,人类的需求层次由简单的生理需求逐步向高层次的自我实现需求

转化,粮食资源等单一因素对于中小尺度区域而言,既不占据主导地位,又可通过市场等手段轻而易举的解决,当然,这里边的讨论不包含一些特殊地区情况(如土地承载力第一法则适用情境3)。需要补充说明的是,不必僵化空间尺度与土地承载力两大法则的对应关系,实际中仍可依据理论探讨或者社会需要,在同一空间尺度上,设定不同的前提条件选用相应的土地承载力法则。

3.2 结论

自人口增长论提出至今,已有两百多年历史。在这期间,土地承载力的内涵和外延不断扩展,研究成果颇丰。在发掘土地承载力研究中隐含的限制因素论和多因素综合论两大认识倾向的基础上,提炼为土地承载力第一、第二法则,并展开进一步地梳理、比较和分析。

(1) 承袭“最小法则”、“限制因子定律”及“木桶原理”的思想,土地承载力第一法则是指在一个相对封闭环境的人地系统中,限制性因素(如粮食、水资源等)对土地承载力的大小往往起决定性作用。该法则所刻画的承载力内涵更多地关注人类最基本的生存需求,主要可适用于“地球可以承载多少人口规模?”、“一个国家能够养活多少人?”及“特殊地区紧缺资源的支撑能力是多少?”等具体情境的研究工作。

(2) 受整体论、系统论的启发,土地承载力第二法则是指在一个相对开放环境的人地系统中,限制性因素的辨识趋于模糊化,土地承载力的大小由多种因素共同决定。该法则所界定的土地承载力内涵着眼于土地利用的多功能性及人类社会的多样性需求,适用情境通常有“区域土地综合承载能力”和“区域土地综合承载力指数”。

[参 考 文 献]

- [1] 封志明,李鹏.承载力概念的源起与发展:基于资源环境视角的讨论[J].自然资源学报,2018,33(9):1475-1489.
- [2] 张传国,方创琳,全华.干旱区绿洲承载力研究的全新审视与展望[J].资源科学,2002,24(2):42-48.
- [3] Clarke A L. Assessing the carrying capacity of the Florida Keys [J]. Population & Environment, 2002,23(4): 405-418.
- [4] Malthus T R. An Essay on the Principle of Population [M]. London: Pickering,1798.
- [5] Hawden S, palmer L J. Reindeer in Alaska[R]. USDA Bulletin. No. 1089. Washington D C: US Department of Agriculture, 1922.
- [6] 牛文远.持续发展导论[M].北京:科学出版社,1994.
- [7] 中国土地资源生产能力及人口承载力研究课题组.中国土地资源生产能力及人口承载力研究[M].北京:中国

- 人民大学出版社,1991.
- [8] Vogt W. Road to Survival [M]. London: Victor Gollancz Ltd., 1949.
- [9] Allan W. The African Husband Man [M]. Munster: Lit Verlag, 1965.
- [10] Meadows D H, Randers J, Meadows D. Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind[M]. New York: Universe Books, 1972.
- [11] Millington R, Gifford R. Energy and How We Live [M]. Australian UNESCO Seminar, Committee for Man and Biosphere, 1973.
- [12] FAO. Potential Population Supporting Capacities of Lands in Developing World[R]. Rome, 1982.
- [13] Slesser M. Enhancement of Carrying Capacity Option ECCO[M]. London: The Resource Use Institute, 1990.
- [14] Rees E W. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization, 1992,4(2):121-130.
- [15] Wackernagel M, Rees W. Our Ecological Footprint-Reducing Human Impact on the Earth [M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [16] Niccolucci V, Bastianoni S, Tiezzi E B P, et al. How deep is the footprint? A 3D representation [J]. Ecological Modelling, 2009,220(20):2819-2823.
- [17] Lane M, Dawes L, Grace P. The essential parameters of a resource-based carrying capacity assessment model: An Australian case study [J]. Ecological Modelling, 2014,272:220-231.
- [18] 任美镠. 四川省农作物生产力的地理分布[J]. 地理学报, 1950,16(1):1-22.
- [19] 高鹭,张宏业. 生态承载力的国内外研究进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2007,17(2):19-26.
- [20] 黄宁生,匡耀求. 广东相对资源承载力与可持续发展问题[J]. 经济地理, 2000,20(2):52-56.
- [21] 李陈. 基于社会人假设的土地资源综合承载力模型及其应用[D]. 浙江 杭州:浙江大学, 2016.
- [22] 靳相木,柳乾坤. 基于三维生态足迹模型扩展的土地承载力指数研究:以温州市为例[J]. 生态学报, 2017,37(9):2982-2993.
- [23] 侯文若. 全球人口趋势[M]. 北京:世界知识出版社, 1988.
- [24] 袁建华,许屹,姜涛. 实施可持续发展战略:面向 21 世纪的我国人口控制对策研究[C]//中国人口与环境(第四辑). 北京:中国环境科学出版社, 1998.
- [25] 彭立,刘邵权. 土地功能视角下的土地资源人口承载力研究:以攀枝花、六盘水市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2012,21(S1):74-81.
- [26] 彭文英,刘念北. 首都圈人口空间分布优化策略:基于土地资源承载力估测[J]. 地理科学, 2015,35(5):558-564.
- [27] Ploeg R R V D, Böhm W, Kirkham M B. On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum [J]. Soil Science Society of America Journal, 1999,63(5):1055-1062.
- [28] 董恺忱. 李比希的农学思想[J]. 世界农业, 1981(9):21-27.
- [29] 李比希. 李比希文选[M]. 刘更另,李三虎,译. 北京:北京大学出版社, 2011.
- [30] Baar H J W D. Von Liebig's law of the minimum and plankton ecology(1899—1991)[J]. Progress in Oceanography, 1994,33(4):347-386.
- [31] Blackman F F. Optima and limiting factors [J]. Annals of Botany, 1905,19(74):281-295.
- [32] 陈亦权. 彼得与“木桶理论”[J]. 理财, 2010(1):39.
- [33] 王爱民,樊胜岳,刘加林,等. 人地关系的理论透视[J]. 人文地理, 1999(2):43-47.
- [34] 周诚. 土地经济学原理[M]. 北京:商务印书馆, 2007.
- [35] 聂庆华. 土地生产潜力和土地承载能力研究进展[J]. 水土保持通报, 1993,13(3):53-59.
- [36] 杨青山,梅林. 人地关系、人地关系系统与入地关系地域系统[J]. 经济地理, 2001(5):532-537.
- [37] Rees E W. Revisiting Carrying Capacity: Area-based Indicators of Sustainability [J]. Population & Environment, 1996,17(3):195-215.
- [38] 封志明. 土地承载力研究的源起与发展[J]. 自然资源, 1993(6):74-79.
- [39] 哈斯巴根,李百岁,宝音,等. 区域土地资源人口承载力理论模型及实证研究[J]. 地理科学, 2008,28(2):189-194.
- [40] Shi Yishao, Wang Hefeng, Yin Changying. Evaluation method of urban land population carrying capacity based on GIS: A case of Shanghai, China[J]. Computers Environment & Urban Systems, 2013,39(3):27-38.
- [41] Vitousek P M, Matson P A. Human appropriation of the products of photosynthesis [J]. BioScience, 1986,36(6):368-373.
- [42] 王书华,毛汉英. 土地综合承载力指标体系设计及评价:中国东部沿海地区案例研究[J]. 自然资源学报, 2001,16(3):248-254.
- [43] 李新刚. 城市土地综合承载力研究[D]. 天津:天津大学, 2014.
- [44] 方创琳,贾克敬,李广东,等. 市县土地生态—生产—生活承载力测度指标体系及核算模型解析[J]. 生态学报, 2017,37(15):5198-5209.

明建设的重要组成部分,新时代条件下的水土流失治理模式仍需要在实践中不断探索。

致谢:感谢江西省水利厅水土保持处、赣州市水土保持局、赣县区水土保持局给予的帮助和指导。

[参 考 文 献]

[1] 赵其国,黄国勤,马艳芹.中国南方红壤生态系统面临的问题及对策[J].生态学报,2013,33(24):7615-7622.

[2] 史志华,杨洁,李忠武,等.南方红壤低山丘陵区水土流失综合治理[J].水土保持学报,2018,32(1):6-9.

[3] 张平仓,程冬兵.《南方红壤丘陵区水土流失综合治理技术标准》解读[J].长江科学院院报,2014,31(12):28-34.

[4] 梁音,张斌,潘贤章,等.南方红壤丘陵区水土流失现状与综合治理对策[J].中国水土保持科学,2008,6(1):22-27.

[5] 陈晓安,杨洁,郑太辉,等.赣北第四纪红壤坡耕地水土及氮磷流失特征[J].农业工程学报,2015,31(17):162-167.

[6] 周怡雯,戴翠婷,刘窑军,等.耕作措施及雨强对南方红壤坡耕地侵蚀的影响[J].水土保持学报,2019,33(2):49-54.

[7] 莫明浩,方少文,杨洁,等.红壤小流域水土治理模式及其环境效益分析[J].江苏农业科学,2017,45(7):284-286,311.

[8] 肖胜生,杨洁,方少文,等.南方红壤丘陵崩岗不同防治模式探讨[J].长江科学院院报,2014,31(1):18-22.

[9] 李小林.赣南崩岗治理实践与思考[J].中国水土保持,2013(2):32-33.

[10] 赵其国.我国南方当前水土流失与生态安全中值得重视的问题[J].水土保持通报,2006,26(2):1-8.

[11] 李德成,梁音,赵玉国,等.南方红壤区水土保持主要治理模式和经验[J].中国水土保持,2008(12):54-56.

[12] 王建华,罗嗣忠,叶冬梅.赣南山地水土保持生物措施效益研究[J].中国水土保持科学,2008,6(5):37-43.

[13] 方少文,赵小敏,莫明浩.赣南红壤坡面不同措施径流

泥沙及氮磷污染输出试验研究[J].中国水利,2012(18):10-13.

[14] 何长高,刘茂福,张利超,等.江西省水土流失治理历程及成效[J].中国水土保持,2017(8):10-14.

[15] 张森,查轩.红壤侵蚀退化地综合治理范式研究进展[J].亚热带水土保持,2009,21(4):34-39.

[16] 潘竟虎,魏宏庆.区域水土保持生态修复模式及效果评价:以长江流域两当河上游为例[J].中国生态农业学报,2008,16(1):192-195.

[17] 胡建民,左长清,杨洁.小流域“猪沼果”生态治理模式及效益分析[J].水土保持通报,2005,25(5):58-61.

[18] Zou Jingdong, Liu Wenjing, Wang Jingsheng, et al. A study of the Qianyanzhou mode in a subtropical red soil hilly region of China [J]. Journal of Resources and Ecology, 2018,9(6):654-662.

[19] 周萍,文安邦,贺秀斌,等.三峡库区生态清洁小流域综合治理模式探讨[J].人民长江,2010,41(21):85-88.

[20] 何文健,史东梅.重庆市饮用水源地生态清洁型小流域构建原理及技术体系[J].水土保持研究,2016,23(6):369-373,380.

[21] 洪兰,韦杰,李进林.三峡库区农户水土保持行为类型及其机理[J].水土保持通报,2017,37(5):163-168,175.

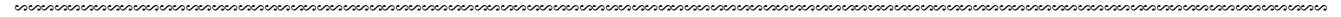
[22] 翟文侠,黄贤金.农户水土保持行为机理:研究进展与分析框架[J].水土保持研究,2005,12(6):108-112.

[23] 胡玉法.长江流域坡耕地治理探讨[J].人民长江,2009,40(8):72-75.

[24] 莫利民,颜小红,裴新明,等.公司+基地+农户的水土保持生态建设模式探讨[J].湖南水利水电,2004(2):68-69.

[25] 罗卫华,程贤萍.探索水土保持综合治理新模式[J].当代江西,2017(2):36.

[26] 冯伟,赵永军,张学俭,等.对赣州市水土保持工程建设以奖代补机制的分析与思考[J].中国水土保持,2017(8):7-9.



(上接第 165 页)

[45] 何刚,夏业领,朱艳娜,等.基于 DPSIR-TOPSIS 模型的安徽省土地承载力评价及预测[J].水土保持通报,2018,38(2):127-134.

[46] 靳亚亚,靳相木,李陈.基于承压施压耦合曲线的城市土地承载力评价:以浙江省 32 个城市为例[J].地理研究,2018,37(6):1087-1099.

[47] 张桂权.玻姆自然哲学导论[M].台北:洪叶文化有限公司,2002.

[48] 张妍.马克思主义整体性与整体论的逻辑思想探究[J].学术交流,2016(7):23-28.

[49] 刘劲杨.论整体论与还原论之争[J].中国人民大学学报,2014,28(3):63-71.

[50] Smuts J C. Holism and Evolution [M]. New York: Macmillan Company, 1926.

[51] 路德维希·冯·贝塔朗菲.生命问题—现代生物学思想评价[M].吴晓江,译.北京:商务印书馆,1999.

[52] 李曙华.当代科学的规范转换:从还原论到生成整体论[J].哲学研究,2006(11):89-94.

[53] 靳相木,李陈.土地承载力研究范式的变迁、分化及其综论[J].自然资源学报,2018,33(3):526-540.