

生态承载力约束下的重庆市适度人口规模情景预测

代富强, 吕志强, 周启刚

(重庆工商大学 旅游与国土资源学院, 重庆 400067)

摘要: 本文考虑区域生态承载力的“可能度”和人们对生态产品和服务消费的“满意度”, 提出结合生态足迹法和“可能-满意度”法的适度人口规模预测方法。以重庆市为研究区, 在分析该区生态足迹和生态承载力的基础上, 依据土地利用总体规划和不同收入国家的生态足迹水平, 构建生态承载力约束下的生态足迹发展情景, 对该区适度人口规模进行预测。结果表明: 重庆市在生态足迹缓慢增长情景下的“可能-满意度”最高, 对应适度人口规模为3306万人, 该指标主要取决于土地利用变化与人们生态产品和服务消费结构和水平的变化。因此, 重庆市应严格实施土地利用总体规划, 引导人们通过调整消费结构降低生态足迹, 这对于实现区域可持续发展和保护三峡库区生态安全具有重要意义。

关键词: 生态足迹; 生态承载力; “可能-满意度”法; 适度人口规模; 重庆

中图分类号: C922 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4149 (2012) 05-0080-07

The Scenario Prediction of Optimum Population Size under the Constraint of Ecological Carrying Capacity in Chongqing Municipality

DAI Fu-qiang, LV Zhi-qiang, ZHOU Qi-gang

(College of Tourism and Land Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: In the study, a method was proposed to predict optimum population size with combining possibility-satisfiability method with the ecological footprint, taking the possibility degree of regional ecological carrying capacity and the satisfiability degree of ecological goods and services consumption into consideration. This study was conducted in Chongqing Municipality. First of all, ecological footprint and ecological carrying capacity were calculated. Furthermore, the development scenarios under the constraint of ecological carrying capacity were designed for the prediction of optimum population size in Chongqing, according to the overall plan of land use and the ecological footprint of countries with various income. The results show that the possibility-satisfiability degree is the

收稿日期: 2012-05-13; 修订日期: 2012-07-03

基金项目: 教育部人文社会科学研究西部和边疆地区项目(12XJCZH005); 国家自然科学基金项目(41101503、41101155)。

作者简介: 代富强(1980-), 四川都江堰人, 重庆工商大学旅游与国土资源学院讲师, 理学博士。研究方向: 环境管理与区域可持续发展。

highest one under the scenario of slow growth in ecological footprint and the optimum population size is 33.06 million peoples in Chongqing. It is primarily dependent on the change in the usage of land and the change of structure and level in ecological goods and services consumption. In conclusion, the overall plan of land use in Chongqing will be put in practice strictly, together with guiding the peoples to readjust consumption structure. It is very important to realize the regional sustainable development and protect the ecological security in the reservoir area of Three Gorges.

Keywords: ecological footprint; ecological carrying capacity; possibility-satisfiability method; optimum population size; Chongqing

生态承载力是在不损害生态系统的生产力和功能完整的前提下, 可持续承载的最大资源利用和废物产生率^[1], 决定区域社会经济活动的强度和具有一定生活水平的人口规模^[2]。三峡工程建成运行后, 重庆市大量平坝河谷地带被淹没, 使本已十分有限的土地资源更加匮乏, 加上库区生态环境还将面临移民搬迁、城镇化、经济发展等多重压力, 人地矛盾日益加剧。因此, 研究适度人口规模是重庆市实现区域可持续发展的需要, 对保障三峡库区生态安全具有重要意义。

适度人口理论产生于19世纪末、20世纪初, 欧美学者率先提出与社会经济发展相适应的经济适度人口规模的概念, 并通过研究人口增长与经济增长率的适应关系提出动态适度人口规模的概念, 同时也将资源环境承载力纳入人口发展决策中^[3~4]。随着生态环境问题的日益突出, 适度人口规模不仅需要同社会经济发展水平相适应, 同时应该与资源环境相协调^[5]。我国学者对适度人口规模的研究起步较晚, 且主要从人口容量和人口承载力的角度开展研究。目前, 适度人口规模研究的主要方法包括因素分析法^[6]、复合社会经济系统模型^[7]、多目标决策法^[8]、幸福指数模型^[9]等。另外, “可能-满意度”法也被广泛应用到人口规模的研究中^[10~11], 但是将生态足迹引入到“可能-满意度”法来研究适度人口规模还未见报道。总体来看, 现有适度人口规模研究中, 国外学者注重人口与经济发展的关系, 较少考虑自然资源和环境条件的限制; 相反, 国内学者过多地强调资源环境的限制作用, 而较少考虑生活水平与经济发展对人口规模的影响。因此, 本研究在考虑人口与生态系统协调发展以及人口规模与经济、社会发展水平适应性的基础上, 从区域可能的生态承载力和人们对消费水平的满意程度出发, 通过结合生态足迹法和“可能-满意度”法, 对重庆市适度人口规模进行情景预测。

一、研究区概况

重庆市位于四川盆地东部, 长江上游, 地跨北纬 $28^{\circ}10' \sim 32^{\circ}13'$, 东经 $105^{\circ}11' \sim 110^{\circ}11'$ 之间, 地势由西向东逐步升高, 南北向长江河谷倾斜, 以中低山为主, 属东亚内陆季风区。全市多年平均气温 17.4°C , 多年平均降水量1141mm, 多年平均日照时数1197小时, 具有热量充足、降水充沛、湿度大、光照少的气候特点。全市土地总面积为822.69万公顷, 其中, 农用地691.23万公顷, 占土地总面积的84.02%; 建设用地60.61万公顷, 占7.37%; 未利用地70.85万公顷, 占8.61%。2009年, 全市常住人口2859万人, 其中城镇人口1474.92万人, 乡村人口1384.08万人, 城镇化率为51.6%。城镇居民和农村居民人均食品消费支出占各自消费总支出的比重分别为37.7%和49.1%, 近年来城镇居民粮油类和肉禽蛋水产品类消费支出下降, 蔬菜类消费支出增加, 农村居民食品消费结构变化较小^①。

二、适度人口规模预测方法

1. 生态足迹理论与方法

生态足迹方法的基本思路是, 人类要维持生存需要消费各种产品、资源和服务, 每一项最终消费

① 数据来源:《重庆市统计年鉴(2010)》。

的量都可追溯到提供生产该消费所需的原始物质与能量的生物生产性土地面积上来^[12]。生态足迹即是在一定的人口和经济条件下,维持资源消费和吸纳产生的废弃物所需要的生物生产性土地面积^[13]。生态足迹由六类土地利用类型组成,包括耕地、草地、林地、水域、用于吸收 CO₂ 的化石燃料用地和建设用地。生态足迹计算可以分为两部分,即生态足迹(消费需求)和生态承载力(自然供给)。由于不同土地利用类型和不同区域的平均生物生产力存在差异,生态足迹和生态承载力通过均衡因子和产量因子转换为统一的全球平均生物生产性土地面积。在计算过程中,均衡因子采用世界自然基金会《地球生命力报告 2008》(The Living Planet Report 2008)中确定的值,产量因子来自现有研究成果^[14]。

不同土地利用类型的生物生产性土地面积及生态足迹的计算公式如下:

$$aa_j = \sum \frac{C_i}{P_i} \quad (1)$$

$$EF = N \cdot ef = N \cdot \sum (aa_j \cdot EQF_j) \quad (2)$$

式(1)中, aa_j 为第 j 类土地利用类型的生物生产性土地面积; C_i 为第 i 类商品的人均消费量; P_i 为第 i 类商品的全球平均生产能力。式(2)中, EF 为区域生态足迹总量; N 为区域人口数; ef 为人均生态足迹; EQF_j 为第 j 类土地利用类型的均衡因子。

生态承载力的计算公式如下:

$$BC = N \cdot bc = N \cdot \sum (A_j \cdot YF_j \cdot EQF_j) \quad (3)$$

其中, BC 为区域生态承载力总量; bc 为人均生态承载力; A_j 为第 j 类土地利用类型的实际面积; YF_j 为第 j 类土地利用类型的产量因子。在生态承载力计算时还应留出 12% 的生物生产性土地面积以保护生物多样性。

2. “可能-满意度”法

“可能-满意度”法是一种多目标决策方法,它是在系统分析的基础上,根据主观判断目标的影响因素,建立一套决策指标体系,同时对各个指标作出科学评价,从“可能”和“满意”两个方面定量描述达到目标的程度^[15]。“可能”反映实现目标的客观容许程度和可行性,“满意”反映实现目标的主观愿望。

如果一个事物肯定能够做到的话,那么从可能的程度上来讲,它的把握为最大,其“可能度”为最高,定量描述记为 p ,并定义为 $p = 1$;相反,如果一个事物肯定做不到的话,则就可用 $p = 0$ 来表示。 p 从 0 到 1 之间的实数就可以表示其相应的各种不同的可能程度,即 $p \in [0,1]$ 。

一个事物出现以后,从人们的主观愿望来说“是否满意”也存在客观依据。但是“满意”比“可能”带有更多的主观随意性。采用“满意度”这个定量指标来描述满意的程度,记为 q 。当完全满意的时候,取 $q = 1$;当完全不满意的时候,取 $q = 0$ 。从 0 到 1 之间的实数就可以表示其相应的各种不同的满意程度,即 $q \in [0,1]$ 。

如果一件事物,对某个属性 r 具有“可能度”曲线 $p(r)$,其对另一个属性 s 具有满意度曲线 $q(s)$,而 r 和 s 同另一个属性 a 满足某个关系式,即限制条件 $f(r,s,a) = 0$,那么就可以设法将 $p(r)$ 和 $q(s)$ 并合成一条相对于属性 a 的“可能-满意度”曲线,它定量地描述了既可能又满意的程度,用 w 表示,即 $w \in [0,1]$ 。当 $w = 1$ 时,表示既完全可能又完全满意;当 $w = 0$ 时,表示或者完全不可能,或者完全不满意,或者既完全不可能又完全不满意。

3. 适度人口规模预测的“可能-满意度”模型

适度人口规模是指在一定的经济和技术条件下,一个国家或地区在一定资源环境承载力和人们满意程度目标下的适宜人口数量。本文将生态足迹和“可能-满意度”法引入适度人口规模研究中:一方面,从生态承载力的“可能度”出发,分析一定区域提供的生态产品和服务能够承载的最大人

口数量；另一方面，从生态足迹的“满意度”出发，分析该区域人们对生态产品和服务消费的满意程度。通过二者的耦合，寻找区域生态承载力的“可能度”和该区人们对生态足迹的“满意度”达到一个均衡点时的人口数量，即为适度人口规模。

对于一个区域而言，用 r 表示生态承载力，假设该区能够提供的最大生态承载力为 r_A ，则该区肯定能够提供小于或等于 r_A 的生态承载力，则 $p(r \leq r_A) = 1$ ；同样，假设该区肯定不能提供的最小生态承载力为 r_B ，则 $p(r \geq r_B) = 0$ 。介于 $r_A \sim r_B$ 之间的“可能度”值可用 S 型曲线来表示：

$$p(r) = \frac{1}{1 + \exp\left(2 - 4 \cdot \frac{r - r_B}{r_A - r_B}\right)} \quad (4)$$

同理，用 s 表示人均生态足迹，假设该区人们满意的最小人均生态足迹为 s_A ，则该区人们肯定对大于或等于 s_A 的人均生态足迹完全满意，即 $q(s \geq s_A) = 1$ ；同样，假设该区人们肯定不满意的最大人均生态足迹为 s_B ，则 $q(s \leq s_B) = 0$ 。介于 $s_A \sim s_B$ 之间的“满意度”值同样可用 S 型曲线来表示：

$$q(s) = \frac{1}{1 + \exp\left(2 - 4 \cdot \frac{s - s_B}{s_A - s_B}\right)} \quad (5)$$

在适度人口规模研究中，分别对生态承载力 r 具有可能度曲线 $p(r)$ 和对人均生态足迹 s 具有满意度曲线 $q(s)$ ，而 r, s 同人口规模 a 满足关系式 $a = r/s$ ，那么就可以采取一定的方法将 $p(r)$ 和 $q(s)$ 合并成一条相对于人口规模 a 的“可能 - 满意度”曲线，定量描述一定人口规模下的生态承载力“可能度”和人均生态足迹“满意度”双向优化的程度。对两因素的合并算法主要有弱并合算法、强并合算法、乘并合算法、好坏搭配算法等^[11]。本文采用弱并合算法，其数学方法描述如下：

$$\begin{aligned} w(a) &= \max_{r(\text{或}s)} \min_{p, q} \{p(r), q(s)\} \\ \text{s. t. } &\frac{r}{s} - a = 0 \\ &r \in R, \quad s \in S, \quad a \in A \end{aligned} \quad (6)$$

式 (6) 求解的弱合并公式为：

$$w(a) = \frac{1}{1 + \exp\left(2 - 4 \cdot \frac{-r_B + as_B}{(r_A - r_B) - a(s_A - s_B)}\right)} \quad (7)$$

需要说明的是，对于适度人口规模预测，“可能度”和“满意度”的确定关键是找出合理的临界点。生态承载力“可能度”临界点的确定受土地利用潜力和土地利用政策的限制，因而具有一定的客观性。相反，确定人们对人均生态足迹的“满意度”，由于反映的是人们的主观意识，因而比“可能度”有着较大的主观随意性，需要设计不同情景比较分析。

三、重庆市适度人口规模预测

1. 重庆市生态足迹与生态承载力分析

根据生态足迹理论和方法，以 2009 年重庆市的主要商品消费量和土地利用现状数据为基础^[16]，计算和分析重庆市的生态足迹与生态承载力。表 1 结果显示，2009 年重庆市的人均生态足迹为 1.884 公顷，而实际人均可利用足迹仅为 0.498 公顷，表明重庆市要维持现有的消费水平需要占用超过 3 倍于重庆市现有的生物生产性土地面积。在生态足迹构成中，化石燃料用地生态足迹最大，占全市人均生态足迹的 45.89%，其次为草地、水域和耕地，分别占 24.02%、10.40% 和 10.30%。在不扣除生物多样性保护土地面积的情况下，重庆市的耕地、林地和建设用地生态承载力相对较大。将生态足迹与生态承载力对比发现，2009 年重庆市人均生态赤字达 1.386 公顷，其中耕地的生态赤字相对较小，

牧草地和水域的生态赤字较大,由于人类没有专门留出一定数量的生物生产性土地用于吸收能源消耗排放的CO₂,导致化石燃料用地产生的生态赤字最大。结果表明,粮食、蔬菜、水果等农产品消费基本上能够满足人们的需求,而肉类、鱼虾等动物产品消费的提高反映了人们生活质量的改善,也是生态系统食物链能量转化规律的体现。

2. 情景方案设计

以生态系统能够提供的生态承载力作为人口规模的约束条件,把人们对生态产品和服务的需求作为人口规模变化的驱动因子,构建重庆市未来发展的生态承载力和生态足迹情景方案,以分析土地利用政策和消费水平对重庆市适度人口规模的影响。适度人口规模预测的“可能-满意度”模型中,生态承载力的现状值和情景值为“可能度”的临界值,详见表2,生态足迹的现状值和4种不同设计方案下的情景值为“满意度”的临界值,详见表3。

(1) 生态承载力的规划情景:依据重庆市政府公布的《重庆市土地利用总体规划(2006~2020)》,到2020年,全市农用地将达到701.72万公顷,其中耕地保有量不低于217.07万公顷;建设用地规模控制在70.44万公顷以内,其中新增建设用地规模控制在14.63万公顷以内;未利用土地减少到50.53万公顷。通过生态足迹法计算得到,2020年重庆市生态承载力比2009年增加34.28万公顷,其中林地和建设用地承载力增加明显。假设在土地利用总体规划顺利实施的情况下,重庆市各类土地利用的面积能够达到预期规划目标,从而将2020年各类型土地利用的规划面积转化成生物生产性面积作为重庆市适度人口规模预测的“可能度”临界值。

按照2007年《世界银行报告》的最新划分标准,人均国民总收入(GNI)875美元以下为低收入水平,876~3465美元为下中等收入水平,3466~10075美元为上中等收入水平,而10076美元以上为高收入水平。根据这个收入划分标准,《地球生命力报告2008》把全球各国划分为高收入国家、中等收入国家和低收入国家,并计算了各个类型地区的生态足迹^[17]。比较重庆市与不同收入水平地区的人均生态足迹可以发现,重庆市的人均生态足迹高于低收入国家,而明显低于高收入国家和中等收入国家。按照收入标准划分,重庆市介于低收入到中等收入之间,这个结果与实际情况基本相符^[18]。目前,重庆市的社会和经济均处于稳步发展时期,人们消费水平和生活质量逐步提高,未来10年降低人均生态足迹的难度较大,因此,本文根据中等收入国家、高收入国家和世界平均水平的人均生态足迹设计重庆市适度人口规模预测的情景值。

(2) 生态足迹的维持现状情景:假设重庆市未来10年人们消费生态产品和服务的水平与结构维持现状,以2009年生态产品和服务消费转化的各土地利用类型的生态足迹作为情景值,那么适度人

表1 重庆市2009年生态足迹与生态承载力汇总表

土地利用类型	生态足迹 (公顷/人)	土地利用类型	生态承载力 (公顷/人)
耕地	0.194	耕地	0.343
草地	0.509	草地	0.002
林地	0.029	林地	0.124
水域	0.196	水域	0.004
建设用地	0.015	建设用地	0.093
化石燃料用地	0.940	CO ₂ 吸收用地	-
总需求足迹	1.884	总供给足迹	0.565
		生物多样性保护	0.068
		可利用足迹	0.498

表2 重庆市生态承载力“可能度”临界值

土地利用类型	现状值 (公顷)	情景值 (公顷)
耕地	981.485	951.288
林地	353.345	376.636
草地	4.498	2.285
建设用地	265.617	308.696
水域	11.680	12.000
生态承载力	1616.625	1650.905

表3 重庆市生态足迹“满意度”临界值

土地利用类型	现状值 (公顷/人)	情景值			
		维持现状 (公顷/人)	缓慢增长 (公顷/人)	快速增长 (公顷/人)	高速增长 (公顷/人)
耕地	0.194	0.194	0.210	0.290	0.430
林地	0.029	0.029	0.040	0.060	0.080
草地	0.509	0.509	0.590	0.760	0.930
建设用地	0.015	0.015	0.020	0.030	0.050
水域	0.196	0.196	0.230	0.390	0.590
生态足迹	1.884	1.884	2.190	2.700	3.380

口规模主要取决于土地利用结构变化后的生态承载力水平。

(3) 生态足迹的缓慢增长情景：重庆市未来 10 年人们消费生态产品和服务达到世界平均水平，以《地球生命力报告 2008》中世界平均水平的各土地利用类型的人均生态足迹作为情景值，则人均生态足迹的增长率为 16.24%，其中增速最快的是林地和建设用地，分别为 37.93% 和 33.33%。

(4) 生态足迹的快速增长情景：重庆市未来 10 年人们消费生态产品和服务达到中等收入国家水平，以《地球生命力报告 2008》中中等收入国家各土地利用类型的人均生态足迹作为情景值，则人均生态足迹的增长率为 43.31%，其中增速最快的是林地和建设用地，分别为 106.90% 和 100.00%。

(5) 生态足迹的高速增长情景：重庆市未来 10 年人们消费生态产品和服务达到高收入国家水平，以《地球生命力报告 2008》中高收入国家各土地利用类型的人均生态足迹作为情景值，人均生态足迹的增长率为 79.41%，其中增长最快的建设用地和水域，分别为 233.33% 和 201.02%。

3. 重庆市适度人口规模预测

以重庆市常住人口为研究对象，将“可能－满意度”法应用到重庆市适度人口规模的决策中，定量描述该区提供的生态产品和服务承载一定人口规模的“可能度”和该区人们对消费生态产品和服务的“满意度”，并最终确定重庆市的适度人口规模。根据“可能－满意度”的原理，利用 MATLAB 软件编写程序进行计算，得到不同情境方案下的重庆市适度人口规模以及对应的“可能－满意度”，详见表 4。结果显示，在一定的生态承载力约束下和不同生态足迹情境方案下的适度人口规模从大到小的顺序为：维持现状 > 缓慢增长 > 快速增长 > 高速增长。

表 4 不同情景方案下的重庆市适度人口规模和“可能－满意度”

生态足迹 情景方案	适度人口规模 (万人)	可能－满意度
维持现状	3787	0.67
缓慢增长	3306	0.85
快速增长	2642	0.71
高速增长	2021	0.60

就维持现状方案而言，虽然重庆市适度人口规模达到 3787 万人，但是其“可能－满意度”只有 0.67，仅高于高速增长方案。从人们期望获得更高的生活水平来考虑，维持现状的生态产品和服务消费很难让人们满意，这意味着这个方案是难以实现的。

就快速增长和高速增长方案而言，适度人口规模明显低于维持现状方案，而且其“可能－满意度”存在显著差异。结果表明，生态产品和服务消费增长虽然在一定程度下提高了人们的“满意度”，但是生态环境能够承载的人口规模则明显减少。此外，“可能－满意度”是由“可能度”和“满意度”共同决定的，虽然快速增长的生态产品和服务消费可以显著提高人们的“满意度”，但是随着消费进一步提高，势必会导致生态承载力的“可能度”大幅度降低，直接决定了“可能－满意度”的下降。显然，这两种方案是以盲目增长生态产品和服务消费需求为目标的，明显超过重庆市生态系统自身的承载力，因此，这两种方案是不可取的。

就缓慢增长方案而言，适度人口规模低于维持现状方案，但是“可能－满意度”则明显高于其他 3 种方案。这主要是因为：一方面，人们消费的生态足迹缓慢增长使人们的“满意度”与维持现状相比明显升高；另一方面，这一方案并不会显著降低重庆市承载一定人口规模的“可能度”。因此，笔者认为该方案是最优的，可作为重庆市人口发展决策的参考依据。

四、结论

本研究通过结合生态足迹法和“可能－满意度”法，在生态承载力约束下，构建 4 个生态足迹的情景方案来预测重庆市适度人口规模。结果表明，在土地利用总体规划的政策约束下，不同的生态产品和服务消费增长模式及政策取向，对区域适度人口规模有显著影响。本研究的主要结论如下。

第一，4 种生态足迹情景方案中，生态足迹缓慢增长下的“可能－满意度”最高，重庆市适度人口规模为 3306 万人；生态足迹高速增长下的重庆市适度人口规模最小，并且“可能－满意度”也最低。依据重庆市政府对于城市总体规划 2020 年人口规模达到 3290 万人的目标，本研究的结果基本与

其一致,进一步说明了本文提出的适度人口规模预测方法在重庆市应用的可行性以及评价结果的正确性。

第二,重庆市适度人口规模主要取决于土地利用变化与人们生态产品和服务消费结构和水平的变化。一方面,土地利用总体规划的实施可以增加林地和建设用地的承载力,但是耕地承载力的下降使重庆市生态承载力的增长存在一定的不确定性;另一方面,重庆市正处在经济和城市化快速发展时期,人们提高生活水平的期望必然会增加生态产品和服务的消费量,进而增加生态足迹。因此,重庆市应该充分发挥土地利用总体规划的统筹管控作用,落实最严格的土地管理制度,严格实施土地利用总体规划。另外,还应通过引导人们改变消费模式和尽可能多地使用可再生能源等措施降低人均生态足迹的增长速度。

第三,本文将生态足迹引入“可能-满意度”模型,主要目的在于为适度人口规模预测研究提供一种新思路。与传统的承载力分析法、概念性模型、系统动力学模型等预测方法相比,本研究提出的方法将主观情况和客观情况、定性分析和定量分析相结合,综合考虑区域的土地利用和人们的消费水平,可以有效预测一定生态承载力约束下和不同生态足迹情景下的适度人口规模。

参考文献:

- [1] 符国基,徐恒力,陈文婷. 海南省自然生态承载力研究[J]. 自然资源学报, 2008, (3).
- [2] 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, (2).
- [3] 徐琳瑜,杨志峰,毛显强. 城市适度人口分析方法及其应用[J]. 环境科学学报, 2003, (3).
- [4] 靳玮,徐琳瑜,杨志峰. 城市适度人口规模的多目标决策方法及应用[J]. 环境科学学报, 2010, (2).
- [5] Wackernagel, M., J. Kitzes, D. Moran, S. Goldfinger, M. Thomas. The Ecological Footprint of Cities and Regions: Comparing Resource Availability with Resource Demand [J]. Environment and Urbanization, 2006, (1).
- [6] 牛叔文,孙红杰,秦静,李怡涵. 基于农业用地和地形约束的陇南山区适宜人口规模估算[J]. 长江流域资源与环境, 2010, (1).
- [7] 赵秋成. 基于PREES系统模型的城市合理人口规模实证研究——以大连市为例[J]. 西北人口, 2011, (6).
- [8] 王爱民,尹向东. 城市化地区多目标约束下的适度人口探析——以深圳为例[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2006, (1).
- [9] Shi, L. Y., D. Li, J. Z. Zhao. A Method to Estimate Urban Optimum Population Conditions: A Case Study of Xiamen, China [J]. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 2010, (4).
- [10] 代富强,李新运,郑新奇. 城市适度人口规模的“可能-满意度”(P-S)分析——以济南市为例[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2006, (1).
- [11] 张瀛,王浣尘. 上海市合理人口规模研究[J]. 管理科学学报, 2003, (2).
- [12] 郭秀锐,杨居荣,毛显强. 城市生态足迹计算与分析——以广州为例[J]. 地理研究, 2003, (5).
- [13] Wackernagel, M., W. E. Rees. Perceptual and Structural Barriers to Investing in Natural Capital: Economics from an Ecological Footprint Perspective [J]. Ecological Economics, 1997, (1).
- [14] Wackernagel, M., L. Onisto, P. Bello. National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept [J]. Ecological Economics, 1999, (3).
- [15] 王浣尘. 采用可能度和满意度的多目标决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 1982, (1).
- [16] 重庆市统计局,国家统计局重庆调查总队. 重庆统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2010.
- [17] 同[14].
- [18] 代富强,刘刚才,南岭. 重庆市可持续发展的生态足迹分析[J]. 安徽农业科学, 2009, (32).

[责任编辑 冯 乐]