

基于环境评价的贵阳市土地开发利用优化

沈孝强¹, 吴次芳¹, 俞振宁¹, 罗文斌², 吕添贵³

(1. 浙江大学 公共管理学院, 浙江 杭州 310029; 2. 湖南师范大学 旅游学院, 湖南 长沙 410081; 3. 江西财经大学 旅游与城市管理学院, 江西 南昌 330013)

摘要: [目的] 结合贵州省贵阳市环境承载力和环境承载量综合评价贵阳市环境状况, 为优化土地开发利用提供依据。[方法] 分别运用生态足迹理论和能值分析方法评价环境承载力和环境承载量, 利用灰色预测模型模拟未来环境演化状况。[结果] 贵阳市环境承载力波动明显, 耕地和建设用地生物生产面积变化是主要驱动力; 环境承载量快速上升, 石油、电力等能源类和建材类、磷矿的能值消耗量大幅增加, 废气成为污染物同化的主要压力源。[结论] 贵阳市当前未出现环境赤字, 但根据预测结果, 未来环境负荷将会超过环境承受能力阈值, 危害区域生态环境安全。需要采取策略优化贵阳市土地开发利用, 以避免出现环境赤字, 促进可持续发展。

关键词: 环境承载力; 环境承载量; 土地利用; 贵阳市

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2016)04-0097-06

中图分类号: F327

文献参数: 沈孝强, 吴次芳, 俞振宁, 等. 基于环境评价的贵阳市土地开发利用优化[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 97-102. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.04.017

Optimizing Land Use for Guiyang City Based on Environmental Assessment

SHEN Xiaoqiang¹, WU Cifang¹, YU Zhenning¹, LUO Wenbin², LÜ Tianguì³

(1. School of Public Administration, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029, China; 2. College of Tourism, Hunan Normal University, Changsha, Hunan 410081, China; 3. School of Tourism and Urban Management, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang, Jiangxi 330013, China)

Abstract: [Objective] The environmental situation of Guiyang City of Guizhou Province was comprehensively assessed to provide guidance for optimizing land use. [Methods] Ecological footprint and energy theory were used respectively to quantify environmental carrying capacity (ECC) and environmental load, both of which were stimulated by Grey model for the changing tendency in near future. [Results] ECC fluctuated noticeably since 2005 which was predominantly driven by the variation of arable land and construction land. In contrast, environmental load increased stably and quickly, which was mainly caused by the significant expansion of consumptions of petroleum, electric power, building materials and phosphate, and by the ever growing emission of exhaust gas. [Conclusion] Environmental load has been below ECC so far, but environmental deficit would come according to the prediction. Measurements that tailored to the main influence factors of ECC and environmental load should be taken to avoid environmental deficit and to facilitating local sustainable development.

Keywords: environmental carrying capacity; environmental load; land use; Guiyang City

人地关系地域系统理论认为, 区域是人类活动和地理环境两个子系统通过物质流、能量流和信息流之间相互耦合形成的复杂开放巨系统^[1]。在人地系统相互作用过程中, 必须保证地理环境对人类活动的可容忍度, 使人地长期共存^[2]。土地利用是人地关系的核心^[3]。如何根据人地关系作用机制调整土地利用

方式, 以满足人类社会和环境安全需要, 成为广泛关注的议题。已有研究主要集中于土地利用的外部性问题^[4], 如何从环境系统本身出发选择合理土地利用方式的研究较少。而后者更有利于规避环境风险, 特别是对于生态脆弱区, 一些人类活动的破坏性作用往往是不可逆的, 有必要事先根据环境特点确定土地开

收稿日期: 2015-09-23

修回日期: 2015-11-01

资助项目: 国家社会科学基金重点项目“促进区域协调发展的差别化土地调控政策研究”(13AZD012); 国家自然科学基金项目“农村土地整理的治理绩效测度、行为过程机理及政策仿真研究”(41301629)

第一作者: 沈孝强(1988—), 男(汉族), 浙江省桐乡市人, 博士研究生, 研究方向为土地利用管理。E-mail: shenxq0904@126.com。

发利用策略^[5]。

贵州省贵阳市地处我国西南生态脆弱区,环境系统的抗干扰能力和恢复能力较差^[6]。在快速工业化、城市化和耕地占补平衡的刺激下,该市正经历大规模土地开发利用活动,主要表现为建设用地快速扩张和耕地大量转用与开发。根据该市土地变更调查数据:2013年该市城镇工矿用地 33 930 hm²,较 2005 年增长近 60.0%;2005 年以来因建设等占用耕地 14 845 hm²,通过土地整治等新增耕地 5 345 hm²,合计净减 9 500 hm²。土地利用/覆被急剧变化的环境影响令人担忧。另一方面,贵州省是我国最贫困的省份之一。如何化解发展与保护之间的矛盾是当地面临的重要现实难题。本研究以贵阳市为例,从环境评价入手,探讨土地利用优化措施,为建立可持续的人地关系提供借鉴。

1 研究方法和数据来源

为全面衡量环境状况,本研究区分了环境承载力和环境承载量,定义了环境赤字。环境承载力是指区域环境所能承受人类活动规模和强度的阈值^[7]。环境承载量,即环境负荷,指环境系统实际承受的人类活动规模与强度。当环境承载量大于承载力时,便产生环境赤字,意味着环境负荷超出环境系统容忍度,威胁地区可持续发展。当前已有大量环境定量评价方法^[7],但单一方法往往只适用于评价环境承载力或承载量,不能全面反映区域人类活动与环境容量之间的关系。因此,有必要对不同方法进行结合运用^[8]。在各评价方法中,能值理论通过能值转化率能够实现人地子系统不同量纲能流、物流、信息流的统一度量,被广泛应用于量化各种空间尺度的环境负荷^[9]。生态足迹理论通过生物生产面积表征区域环境承载力,是评价环境承载力的常用方法^[10]。现有研究表明,通过相应转化方法能够统一基于生态足迹的环境承载力和基于能值理论的环境承载量的度量单位,在此基础上可以进行比较分析,综合反映地区环境状况,比如,Siche 等^[8]指出分别以生态足迹和能值理论计算的环境承载力和环境负荷进行对比分析,比在采用其他环境评价方法基础上的对比研究更加科学可靠;张子龙等^[1]基于生态足迹和能值理论对比分析了甘肃省的环境承载力与承载量;Agostinho 与 Pereira^[11],Dang 等^[12]采用类似方法分别综合评价了玉米生产和环境修复项目的环境影响;还有一些研究^[13]首先将能值理论融入生态足迹,在此基础上评价环境承载力与承载量。

1.1 基于生态足迹的环境承载力评价

根据生态足迹理论,生物生产面积的计算公式为:

$$SFT = \sum A_j \cdot R_j \cdot Y_j \quad (1)$$

式中: j ——第 j 类土地,一般有耕地、林地、草地、水域、建设用地和矿石能源用地等 6 类; A ——某类地的面积; R ——均衡因子,使不同类型用地生物生产面积具有可比性; Y ——产量因子,使不同区域同一用地类型的生物生产面积具有可比性。SFT——通过生物生产面积衡量的环境承载力,一般扣除 12.0% 作为生物多样性保护面积。

1.2 基于能值理论的环境承载量评价

环境承载量由资源供给和污染同化两方面构成。资源供给能力取决于区域环境系统所拥有的资源总量。根据热力学定律,环境系统利用太阳能等可更新资源同化污染物,当这一过程所需的资源超过低熵资源更新速度时,同化能力达到上限。换言之,可以通过地区可更新资源禀赋衡量环境系统污染物同化能力^[1]。从能值角度,“资源供给量”就是环境向人类社会输出的能值量,“污染同化量”就是环境吸纳人类污染物的能值量。为了与环境承载力具有可比性,将环境承载量转化为环境支撑人类活动所需的土地面积。计算公式为:

$$S = S_1 + S_2 \quad (2)$$

$$S_1 = (EmN + EmIM + EmRC) / EmD \quad (3)$$

$$S_2 = EmW / EmDR \quad (4)$$

式中: S ——代维持区域环境负荷所需土地面积; S_1 ——区域环境提供资源所需土地面积; S_2 ——同化污染物所需土地面积; EmN ——不可更新资源能值消耗量; $EmRC$ ——可更新资源能值消耗量; $EmIM$ ——进口能值,等于进口总额乘以单位货币能值量; $EmN + EmIM + EmRC$ ——一个地区能值总消耗量; EmD ——能值密度,等于环境系统能值总量除以区域土地面积; EmW ——人类排放废弃物的能值; $EmDR$ ——可更新资源能值密度,等于区域可更新能值总量除以土地面积。

1.3 数据来源

各类用地数据来自贵阳市土地变更调查。按生态足迹的要求,林地包括变更调查土地分类中的园地和林地,草地指牧草地,水域包括水库水面、河流水面、湖泊水面、养殖水面和坑塘水面,矿石能源用地采用独立工矿用地数据,建设用地面积为建设用地总量扣除独立工矿用地后的面积。各类不可更新资源消

耗量、污染物排放量、进出口、降水量、日照数等能值的原始数据及粮食产量来自贵阳市统计年鉴。各类资源储量能值 2009 年的原始数据来自《贵阳市矿产资源总体规划 2010—2015 年》,其余年份原始数据则由统计年鉴中相应年份该矿产资源的消耗量以 2009 年为基推算而来。可更新资源能值是在贵阳市国土总面积的基础上根据相关公式计算而来,计算方法详见文献[16]。其中,太阳辐射能、雨水势能与化学能波动分别由年日照时数和降水量变化造成,其他可更新资源能值不发生年际变化。上述资料中,统计年鉴由贵阳市统计局提供,其他数据由贵阳市国土局提供。

各种资源、污染物、进出口的能值转化率详见参考文献[14-16]。均衡因子和产量因子(除耕地外)取自贵州省平均值,耕地 2009 年的产量因子由当年全国耕地产量因子根据贵阳市粮食每 1 hm² 产量水平与全国平均水平比值作调整,其余年份根据粮食单位面积产量以 2009 年为基进行调整。

2 研究结果

2.1 环境承载力

表 1 显示,研究区各年份环境承载力均在 1.19 × 10⁶ hm² 以上,总体呈现“两头低,中间高”的特点,

由 2005 年 1.24 × 10⁶ hm², 升至 2010 年 1.38 × 10⁶ hm², 增长 12.1%; 随后又减至 2013 年 1.19 × 10⁶ hm², 分别是 2010 年的 86.0%, 2005 年的 96.5%。全市生物生产面积的年均变化率为 -0.4%, 说明环境承载力基本趋于稳定。但 2010 年以来下降比较明显。耕地、林地和建设用地是最重要的生物生产面积来源, 而其他 3 种用地的贡献率不足 1.0%。

2005 年以来, 贵阳市耕地总量净减 9 500 hm², 其产量因子从 0.95 减至 0.69, 造成耕地生物生产面积从 7.35 × 10⁵ hm² 降为 5.12 × 10⁶ hm², 是环境承载力最主要的下行压力源。建设占用是耕地总量下降的首要原因, 占耕地减少量的近 75.0%; 而自然灾害、“占优补劣”是耕地单位面积生产能力下降的重要原因。

贵阳市建设用地持续扩张, 从 4.57 × 10⁴ hm² 增至 7.00 × 10⁴ hm², 且较其他用地具有最高的均衡因子和产量因子, 促使其贡献的生物生产面积增长 53.2%, 是研究区最重要的环境承载力增长源。此外, 贵阳市 2013 年林地面积为 3.50 × 10⁵ hm², 形成生物生产面积 3.50 × 10⁵ hm², 较 2005 年增长 24.2%。林地成为贵阳市生物生产面积的第二大来源, 比重从期初 22.8% 上升至期末 29.4%; 是仅次于建设用地的环境承载力增长源。

表 1 贵阳市 2005—2013 年环境承载力及其构成

地类	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
耕地/10 ⁵	7.35	6.87	7.28	7.47	7.59	7.46	4.76	5.27	5.12
林地/10 ⁵	2.82	2.82	2.82	2.81	3.54	3.53	3.52	3.51	3.50
草地	2 544	2 539	2 537	2 534	172	169	134	117	116
水域	3 040	3 074	3 089	3 084	3 445	3 445	3 440	3 436	3 432
建设用地/10 ⁵	2.12	2.16	2.21	2.23	2.66	2.81	3.00	3.13	3.26
矿石能源用地	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合计/10 ⁶	1.24	1.19	1.24	1.26	1.38	1.38	1.13	1.19	1.19

2.2 环境承载量

2.2.1 贵阳市各类能值统计 由表 2 可知, 研究区可更新资源供给量比较稳定, 其小幅波动主要由降水量和日照时数的年际变化引起。不可更新资源能值消耗量快速上升, 2013 年达 2.66 × 10²³ sej, 是 2005 年的 2.3 倍, 快速侵蚀着环境系统的资源禀赋。不可更新资源储量由期初 3.27 × 10²⁴ sej 降为期末 2.59 × 10²⁴ sej, 减少 20.8%。以占贵阳市不可更新资源能值储量 1/2 以上的磷矿为例, 可开采量已由 2.41 × 10²⁴ sej 减至 1.40 × 10²⁴ sej。剩余量按 2005—2013 年的年均消耗量, 仅可维持 15 a; 按 2013 年开采量计, 可支撑不足 10 a。在能源类不可更新资源能值消耗结构中, 电力、煤炭和石油消费量最多。2005 年以

来, 除了气类能源消耗有所下降外, 其余能源消耗均显著上升, 石油以 21.1% 的年均增速一跃超过煤炭成为最重要的能源之一。非能源类中, 磷矿、水泥、铝、钢材和有色金属是主要消耗品。磷矿的消耗量一直占贵阳市能值总消耗量的 1/2 以上。水泥消耗量从 6.60 × 10²¹ sej 猛增至 2.60 × 10²² sej, 钢材消耗量的年均增幅也超过 10.0%, 体现了建设用地扩张对建材消费的拉动作用。贵阳市污染物能值排放呈波动下降的趋势, 且发生了显著的结构变化: 固体废弃物能值排放量下降了 91.1%, 占污染物排放总能值的比例从 50.6% 降至 5.8%; 废气和废水的能值排放量波动上升, 2013 年分别占污染物能值排放总量的 49.7% 和 44.4%, 成为最主要的污染物能值源。

表 2 贵阳市 2005—2013 年各类能值统计

10²⁰ sej

项目	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
可更新资源	128.3	127.6	125.4	132.5	124.4	127.4	122.8	130.7	127.6
太阳辐射能	4.2	4.4	4.3	3.6	3.9	4.3	3.4	2.9	5.2
地表风能	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
雨水化学能	3.7	3.5	3.1	4.7	2.9	3.5	2.8	4.2	3.1
雨水势能	13.6	12.9	11.2	17.4	10.8	12.8	10.2	15.6	11.3
地球循环能	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4
地球旋转能	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
地热能	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
不可更新资源	1 171.1	1 252.6	1 381.6	1 362.4	1 532.1	1 704.7	1 994.9	2 134.9	2 658.3
煤炭	52.6	54.0	57.8	67.2	70.5	53.3	65.4	73.6	79.3
焦炭	9.3	9.6	10.3	5.8	5.9	4.5	5.6	20.9	22.5
石油	23.4	24.0	25.7	26.1	63.8	78.2	84.8	100.3	108.0
气类	4.6	4.7	5.1	6.0	11.2	5.4	6.1	3.2	3.4
电力	93.6	96.2	103.0	97.1	74.1	117.8	133.1	129.9	139.8
铝	37.6	59.2	72.6	52.8	59.1	69.2	70.3	64.4	54.4
钢材	5.4	6.1	6.8	5.3	3.5	7.9	9.3	9.9	11.8
有色金属	11.5	17.9	21.6	15.7	17.5	20.5	20.5	19.1	20.0
水泥	66.0	81.2	84.9	101.5	107.5	134.4	189.4	207.4	260.3
塑料	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.6	0.9	1.6
磷矿	863.5	896.1	990.3	1 068.5	1 115.1	1 209.7	1 406.7	1 502.0	1 954.1
农药用量	0.007	0.009	0.008	0.009	0.010	0.010	0.009	0.010	0.008
氮肥	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4
磷肥	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1
钾肥	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
复合肥	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5
进口能值	35.1	29.8	43.1	78.8	51.3	78.1	92.7	78.4	69.2
资源储量	32 708.5	31 742.3	29 684.8	32 406.3	31 270.8	29 895.4	27 499.1	26 491.3	25 873.7
煤	6 904.1	6 904.1	5 797.8	9 624.2	9 624.2	9 482.8	8 459.6	9 033.6	10 397.8
磷	24 114.6	23 168.3	22 241.8	21 159.3	20 044.4	18 834.6	17 483.9	15 926.0	13 971.9
铝	1 122.3	1 120.3	1 117.2	1 110.5	1 107.4	1 103.7	1 100.0	1 096.5	1 093.6
铁	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
砂石	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5
镓、镁、汞	494.6	476.7	455.1	439.4	421.9	401.4	382.7	362.3	337.5
污染排放量	67.6	63.8	71.9	59.6	46.2	48.3	48.2	63.4	52.7
废气	17.8	26.2	31.4	27.7	24.1	23.7	24.4	35.1	26.2
废水	15.6	15.2	15.5	14.8	15.2	15.4	14.1	22.4	23.4
废固	34.2	22.4	25.0	17.1	7.0	9.1	9.7	5.9	3.05

2.2.2 贵阳市环境承载力分析 环境承载力(S),包括环境系统供给资源所需的土地面积(S₁)和同化污染物所需土地面积(S₂),结果如图 1 所示。由图 1 可知,区域环境系统的环境负荷主要来自同化人类社会排放的污染物,其所占比重维持在 75.0%以上,并成为 S 变化的主要驱动力,呈现“先增后减再增”的变化特点,并均在 2007,2012 年出现极大值。废气排放量大幅增加,废固排放量反弹是 2007 年 S₂ 增至 4.55×10⁵ hm²,S 增至 5.03×10⁶ hm² 的原因;废气、废水能值排放量的剧烈上升导致 2012 年 S₂,S 快速上涨。与 S₂,S 的波动情形不同,S₁ 保持稳定快速上升,2013 年达到 8.83×10⁸ hm²,是 2005 年的 2.7 倍,年均增幅 13.2%。S₁ 占 S 的比例已由期初 7.2%上升

至 21.0%,说明人类社会的不可更新资源索取正成为当地环境系统十分显著的压力源。

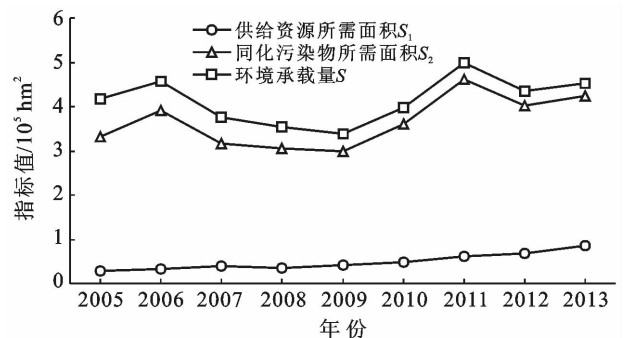


图 1 贵阳市 2005—2013 年环境承载力及其构成

2.3 环境承载量与承载力对比分析与预测

表 3 显示,环境系统维系资源供给和污染同化所需的土地面积一直保持在环境系统所能承受阈值范围内,未出现环境赤字。但 2009 年以来,环境承载量与环境承载力的比值快速增大,5 a 间从不足 1/4 上升到超过 1/3。为进一步分析未来环境状况,本研究对 S_1, S_2, SFT (环境承载力)进行预测。 S_2, SFT 的波动性使回归估计效果不能令人满意。灰色预测方法可以从少数、杂乱的数据中找出规律性。故采用 GM(1,1)进行模拟研究。经检验,各列数据符合级比检验的要求。对 S_2 进行预测时,发现平均相对误差超过 10.0%。去掉前两年数据后,平均相对误差降为 8.6%。灰色预测对样本数要求较低,因此 S_2 的

预测以 2007—2013 年为观测数据。相应时间序列和平均相对误差 s 为:

$$S_1(k+1) = 2.07 \times 10^5 \times e^{(0.148\ 184k)} - 1.75 \times 10^5 \quad (s=7.3\%)$$

$$S_2(k+1) = 2.60 \times 10^7 \times e^{(0.012\ 369k)} - 2.56 \times 10^7 \quad (s=8.6\%)$$

$$SFT(k+1) = -2.35 \times 10^8 \times e^{(-0.005\ 409k)} + 2.367 \times 10^8 \quad (s=5.4\%)$$

由表 4 可得, S_1 仍将快速上涨,并在 2026 年超过 S_2 成为研究区最主要的环境负荷; S_2 稳定上升,年均增幅为 1.2%; SFT 以 0.5% 的速度缓慢递减。在 S_1 的驱动下,研究区将在 2030 年出现环境赤字。因此,需采取措施扭转当前的不良发展态势。

表 3 贵阳市 2005—2013 年环境承载量与环境承载力比值

项目	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
环境承载量/环境承载力	37.0%	36.8%	40.7%	31.9%	24.8%	25.7%	33.6%	38.6%	35.3%

表 4 贵阳市 2014—2030 年环境状况预测结果

项目	2014 年	2016 年	2018 年	2020 年	2022 年	2024 年	2026 年	2028 年	2030 年
$S_1/10^5$	0.96	1.27	1.68	2.23	2.95	3.90	5.17	6.84	9.06
$S_2/10^5$	3.49	3.57	3.66	3.76	3.85	3.95	4.04	4.15	4.25
$S/10^5$	4.45	4.84	5.35	5.98	6.80	7.85	9.21	10.99	13.31
$SFT/10^6$	1.22	1.20	1.19	1.18	1.16	1.16	1.14	1.13	1.12

注: S_1, S_2, SFT 分别为环境系统供给资源所需的土地面积、同化污染物所需土地面积和环境承载力。

3 贵阳市土地开发利用优化策略

3.1 加强优质耕地保护,改善农业生产条件

耕地具有较高的均衡因子和产量因子,是贵阳市生物生产面积最重要的来源。耕地生物生产面积不断下降,是环境承载力下行的主要驱动力。由两方面原因造成:(1)贵阳市近 75.0% 的新增建设用地由耕地转用而来,导致耕地总量特别是优质耕地不断减少;(2)农业基础设施薄弱,严重制约耕地生产能力的提高。应加强保护优质耕地和改造中低产田,改善农业生产条件,有利于保障单位面积耕地产出能力,稳定区域环境承载力。

3.2 合理增加建设用地规模,促进城市理性增长

建设用地是研究区单位面积产生生物生产面积最高的用地类型,适当增加建设用地规模可以提高环境承载力。但建设用地扩张会侵占耕地等其他用地,从而减少这些用地的生物生产面积。此外,对 2005—2013 年贵阳市建设用地规模与铝、钢材、水泥等建材类能值消耗总量进行 Pearson 相关性检验发现,二者在 0.01 水平上存在显著相关性,相关系数达 0.951。

另外,2012 年建筑业电力消费量近 1.50×10^9 kW,是 2007 年的 5.6 倍。说明大规模建设用地扩张会消耗大量建材、能源等不可更新资源,加大区域环境负荷。从用地效率看,以贵阳市中心城区为例,土地城镇化显著快于人口城镇化,表明研究区存在一定程度的城市蔓延现象。因此,应当合理扩大建设用地规模,同时加强低效用地再开发,提高产量因子,兼顾改善环境承载力和控制环境负荷。

3.3 开展土地混合利用,发展公共交通

2005—2013 年贵阳市城镇工矿用地增长近 60.0%,但据统计年鉴,2012 年公共汽车保有量较 2005 年仅增加 126 辆,增长 5.8%,体现当地公共交通发展的严重滞后。汽车尾气排放量大幅增加,使废气成为最重要的污染物能值来源。这表明过度依赖小汽车,会同时显著增加环境系统的资源供给压力和污染同化压力。土地混合利用具有较少的户均汽车占有量、更高的公交使用率和自行车、步行出行率等优点。在城市用地扩张和再开发过程中,应打破当前贵阳市建成区过度分区化的局面,适当将产业、居住、公共服务等用地进行混合布局,形成完整生活单元,

减少通勤;同时,大力发展公共交通,减少交通能源消耗和环境污染。

3.4 实施未利用地和劣等地的综合开发

根据土地变更调查和农用地分等定级数据,贵阳市有未利用地近 100 000 hm²,农用地大部分属于 9 等地以上的劣等地。受制于多种不利因素,这些土地生产能力低,传统的农业开发利用方式往往无法取得良好经济效益,同时带来很高的环境风险。根据贵阳市国土局统计,该市水土流失面积占土地总面积的 32.6%,其中中度以上流失面积占 43.9%,多发于坡耕地和未利用地。对于这些劣等地,应当改变传统的单一利用方式,根据条件进行综合开发利用。

4 结论

利用能值和生态足迹理论,结合环境承载力、环境承载量和环境赤字可以综合评价区域环境状况,量化人类社会资源索取和污染排放造成的环境负担和本地环境系统对人类活动的容量上限,为优化土地开发利用提供参考,有效避免土地利用外部性对环境系统造成的不可逆性破坏作用。贵阳市的环境承载力趋于稳定。耕地总量下降是环境承载力下降的主要压力源,而建设用地和林地生物生产性面积增加有效缓解了耕地减少的下拉作用。但建设用地扩张侵占大量耕地,导致建筑用电、钢材、水泥等能值消耗迅速增长,对环境承载力和负荷产生负面影响。另一方面,贵阳市环境负荷快速上升,石油、电力、建材类、磷矿消耗量和废气排放量大幅增加是主要驱动力,预计将在 2030 年前后出现环境赤字。

从土地开发利用的角度,可以通过保护优质耕地和改善农业基础设施,合理增加建设用地规模,促进土地混合利用和公共交通建设,未利用地和劣等地的综合开发等手段提高环境承载力、降低环境负荷,促进地区可持续发展。

[参 考 文 献]

[1] 张子龙,陈兴鹏,焦文婷,等.基于能值理论的环境承载力定量评价方法探讨及其应用[J].干旱区资源与环境,2011,25(8):18-23.

[2] 吴传钧.论地理学的研究核心:人地关系地域系统[J].经济地理,1991,11(3):1-6.

[3] 陆大道,郭来喜.地理学的研究核心:人地关系地域系

统:论吴传钧院士的地理学思想与学术贡献[J].地理学报,1998,53(2):3-11.

- [4] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. Science, 2005,309(5734):570-574.
- [5] Mamat Z, Yimit H, Eziz A, et al. Oasis land-use change and its effects on the eco-environment in Yanqi Basin, Xinjiang, China[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2014,186(1):335-348.
- [6] Li Shuang, Wu Honggan. Mapping karst rocky desertification using Landsat 8 images[J]. Remote Sensing Letters, 2015,6(9):657-666.
- [7] 王俭,孙铁珩,李培军,等.环境承载力研究进展[J].应用生态学报,2005,16(4):768-772.
- [8] Siche J R, Agostinho F, Ortega E, et al. Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices[J]. Ecological Economics, 2008,66(4):628-637.
- [9] Hossaini N, Hewage K. Emergy accounting for regional studies: Case study of Canada and its provinces[J]. Journal of Environmental Management, 2013,118(2):177-185.
- [10] 孟丽红,叶志平,袁素芬,等.江西省 2007—2011 年水资源生态足迹和生态承载力动态特征[J].水土保持通报,2015,35(1):256-261.
- [11] Agostinho F, Pereira L. Support area as an indicator of environmental load: Comparison between embodied energy, ecological footprint, and emergy accounting methods[J]. Ecological Indicators, 2013,24(1):494-503.
- [12] Dang Xiaohu, Liu Guobin, Xue Sha, et al. An ecological footprint and emergy based assessment of an ecological restoration program in the loess hilly region of China[J]. Ecological Engineering, 2013,61(S):258-267.
- [13] 盛业旭,刘琼,欧名豪,等.基于能值—生态足迹修正模型的区域可持续发展研究:以江苏省南通市为例[J].水土保持通报,2014,34(3):211-217.
- [14] 吴泽宁,吕翠美,胡彩虹,等.水资源生态经济价值能值分析理论与应用[M].北京:科学出版社,2013:30-41.
- [15] 刘耕源,杨志峰,陈彬.基于能值分析方法的都市代谢过程:案例研究[J].生态学报,2013,33(16):5078-5089.
- [16] 金丹,卞正富.基于能值和 GEP 的徐州市生态文明核算方法研究[J].中国土地科学,2013,27(10):88-94.