
喀斯特地区城镇化质量与土地利用 系统健康协同演化关系研究¹

姚 岚¹、吴次芳¹，陆张维²

(1. 浙江大学公共管理学院，浙江 杭州 310058；

2. 浙江农林大学环境与资源学院，浙江 临安 311300)

【摘要】：在城镇化过程中，城镇化质量与土地利用系统健康存在着相互联系、相互影响的耦合关系，只有当两者协调发展，才能进一步促进城镇化的协调发展。以喀斯特地区贵阳市为研究对象，在构建了城镇化质量和土地利用系统健康的评价指标体系后，分别计算了两者的综合指数，并采用耦合度模型与耦合协调模型以及剪刀差方法对两者的协调关系进行分析。研究表明：（1）城镇化质量和土地利用系统健康的综合指数大体上呈逐年上升的趋势，其中土地利用系统健康先后经历了从亚健康到初级健康再到中级健康的状态；（2）城镇化质量与土地利用系统健康的耦合度在研究期内一直处于拮抗水平，耦合协调水平先后经历了从濒临失调到勉强协调再到初级协调的状态；（3）城镇化质量与土地利用系统健康演化速率的剪刀差较为稳定，波动趋势比较平缓，贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康这两个系统发展演化速率的差异基本维持在稳定水平。在未来应当采用促进城镇化质量与土地利用系统健康双向提升的优化路径以提高两个系统之间的耦合关系。

【关键词】：城镇化质量；土地利用系统健康；耦合；协调；剪刀差

【中图分类号】：F291 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1004-8227（2018）04-0768-11

【DOI】：10.11870/cjlyzyhj201804008

Norman 在其著作《最终的安全：政治稳定的环境基础》中强调“国家安全的保障不再仅仅涉及军事力量和武器，而是愈来愈涉及河流、耕地、森林、遗传资源、气候等环境因素。只要生态环境持续地受到破坏，就没有政治经济的最终安全”^[1]。可见，一个城市乃至国家的安全，除了社会和经济持续、稳定的发展之外，生态环境的健康状况也变得尤为重要。至 2014 年底，我国城镇化率已达 54.77%^[2]，快速城镇化发展在促进我国经济快速发展的同时，会导致土地利用方式发生变化从而影响土地利用系统的健康。与此同时，土地利用方式的变化会反作用于社会经济以及社会环境^[3]，因此，在城镇化的过程中，城镇化质量与土地利用系统的健康具有相互作用、相互影响的耦合关系。在以往的城镇化进程中，地方政府往往为了经济效益的提升，盲目地降低对土地开发利用的门槛，导致出现了城镇化进程中的生态困境，土地利用系统的健康岌岌可危。在城镇化进程中，只有促进城镇化质量和土地利用系统健康水平两者之间协调发展，才能全面促进城镇化朝着健康的方向发展。

¹[收稿日期]：2017-06-19；[修回日期]：2017-08-14

[基金项目]：国家社会科学基金重大项目（14ZDA039）；国家自然科学基金项目（51508513）

[作者简介]：姚 岚（1987~），女，博士研究生，主要从事土地生态与土地利用规划方面研究。E-mail：fionayao0403@163.com

[通讯作者]：E-mail：wucifang@zju.edu.cn

城镇化质量是由内涵式城镇化模式要求下的资源利用效率、空间优化程度、发展要素匹配程度、资源环境承载能力和城乡发展协同性的总称,包含发展水平和发展效率两方面的特征^[4]。目前关于城镇化质量的研究主要集中在城镇化质量的内涵^[5~8]、评价体系及模型构建^[9~14]、时空格局演变^[15~18]以及与相关内容耦合^[19, 20]等方面。土地健康是指土地维持自身正常新陈代谢的一种状态,其自身恢复能力可缓和外界对土地生态系统的不良冲击,使土地与人之间、生物体与生物体之间、生物体与无机环境之间的共生、互生、再生过程得到持续发展^[21]。现阶段对于土地健康的研究已呈现多元化发展的趋势,囊括了评价体系框架和障碍因素的构建与诊断^[22~24]、多样化的研究理论与研究方法的选择^[25~30]等。

城镇化质量与土地利用系统健康的协同演化关系是一个反映城镇化质量与土地利用系统健康协调与演化状况的量化方式。到目前为止,相关的研究有限,仅有部分学者对城镇化质量与生态环境承载力^[31]、城镇化发展与土地健康利用^[32]的协调关系进行了实证分析。当前,我国仍处于城镇化快速发展阶段并且城镇化质量总体较低,与此同时,土地生态环境面临的压力也日益严峻,实现城镇化质量与土地利用系统健康水平“双提升”的目标任重道远。贵阳市是喀斯特地貌的代表性地区,一方面地形破碎、水土流失和石漠化现象较为严重,导致了当地自然灾害频发,其土地利用系统健康状况尤其值得关注;另一方面,在过去因喀斯特地貌造成的区位、交通等条件限制,贵阳市的社会经济状况及城镇化进程也较为落后,但随着国务院在2012年发布了《国务院关于进一步促进贵州经济社会又好又快发展的若干意见》等一系列政策后,贵阳市的城镇化发展进入了一个新的阶段,城镇化质量也逐渐成为衡量当地社会发展的重要依据,可见贵阳市面临着城镇化质量和土地利用系统健康两方面的考验。有鉴于此,本研究以喀斯特地貌地区——贵阳市为例,对其城镇化质量及土地利用系统健康水平进行测度,在此基础上分析两者协同演化关系,为指导贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康的协调发展提供科学依据。

1、研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

贵阳市位于贵州省中部的云贵高原东斜坡地带,横跨长江和珠江两大水系,是全国无平原支撑的省会城市之一,山多坡陡,地形地貌起伏大、地块破碎、切割纵深,喀斯特发育强烈,地表渗漏性强,山地面积占52.30%。大量面积的喀斯特岩溶地貌使得贵阳市出现了大面积的水土流失问题,同时,独特的地理环境,也使贵阳市成为全国生态环境脆弱的地区之一。贵阳市现辖六区三县一市,分别为南明区、云岩区、花溪区、乌当区、白云区、观山湖区、开阳县、息烽县、修文县和清镇市。2014年末,贵阳市常住人口455.60万人,全年实现地区生产总值2497.27亿元,财政总收入654.69亿元,全社会固定资产投资2336.06亿元。贵阳市围绕建设全国生态文明示范城市和国家创新型城市总体目标,正在主动适应和引领经济发展新常态,奋力打造贵阳发展升级版。



图1 贵阳市区位图

1.2 数据来源

鉴于数据的连续性、可得性,本文确定的研究年份为2005~2014年,所有数据来源于相应年份的《贵阳市统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、《贵阳市国民经济和社会发展统计公报》、《贵阳市环境状况公报》等资料,部分缺失数据通过插补法补充获得,另有一些数据通过计算获得。

2、研究方法

2.1 指标体系构建

针对城镇化质量,不同的学者分别从不同的角度建立了多种多样的评价指标体系。城镇化质量是一个内涵丰富的综合性概念,能够全面地反应城镇化的发展进程^[19]。考虑到数据的可获得性、完整性、有效性等,本研究借鉴李江苏等^[20]对城镇化质量评价的指标体系,在对其中部分指标进行了替换后,从经济发展水平、生活质量、社会发展水平、基础设施、环境状况以及城乡统筹这六个方面选取了17个指标对贵阳市的城镇化质量进行评价(表1)。

表1 贵阳市城镇化质量评价指标体系及权重

级指称	二级指标	三级指标	序号	权重	指标属性
城镇化质量指数	经济发展水平	第二、二产业比重	X ₁	0.067	正向
		人均财政收入	X ₂	0.0626	正向
	生活质量	城镇居民人均房屋建筑面积	X ₃	0.0761	正向
		城镇居民食品以外的消费比重	X ₄	0.0436	正向
		万人拥有病床位数	X ₅	0.0544	正向
	社会发展水平	万人拥有医生数	X ₆	0.0625	正向
		城镇常住人口基本养老保险覆盖率	X ₇	0.0713	正向
		城镇常住人口基本医疗保险覆盖率	X ₈	0.0432	正向
		建成区路灯数	X ₉	0.0792	正向
	基础设施	建成区供水管道长度	X ₁₀	0.0451	正向
		万人拥有公交车辆数	X ₁₁	0.0519	正向
		移动电话用户数与总人数之比	X ₁₂	0.0643	正向
	环境状况	工业废水排放总量	X ₁₃	0.055	负向
		道路清扫面积	X ₁₄	0.0815	正向
		工业固体废物处置利用率	X ₁₅	0.0429	正向
	城乡统筹	城乡居民消费支出差异系数	X ₁₆	0.0492	正向
		城乡居民社会福利差异系数	X ₁₇	0.0502	正向

土地利用系统健康评价不仅仅能表征土地在利用过程中自身的健康水平,同时也能够反映土地利用系统对外界产生的各种效益水平,因此指标体系应从土地利用系统的结构、功能和产生的效益3个方面进行构建,本研究参考蔡为民等^[23]提出的土地利用系统健康评价体系并结合喀斯特地区实际,选取了27个指标对贵阳市土地利用系统的健康水平进行评价(表2)。

表2 贵阳市土地利用系统健康评价指标体系及权重

目标层	因素层	指标层	序号	权重	指标属性
系统结构性	气候指数	平均相对湿度	Y ₁	0.0265	正向
		降水量	Y ₂	0.0293	正向
		平均温度	Y ₃	0.0308	正向
	植被指数	植被覆盖率	Y ₄	0.0536	正向
		土地垦殖率	Y ₅	0.03	正向
	土地利用结构指数	土地利用度	Y ₆	0.0472	正向
	社会经济结构指数	建设用地比例	Y ₇	0.0311	负向
		城镇人口比例	Y ₈	0.047	正向
		农业产值百分比	Y ₉	0.0394	负向
		农业机械总动力	Y ₁₀	0.028	正向
系统功能性	活力指数	肥料偏生产力	Y ₁₁	0.0334	正向
		粮食作物产量	Y ₁₂	0.0418	正向
		人口密度	Y ₁₃	0.0367	正向
	稳定性指数	人均耕地面积	Y ₁₄	0.0446	正向
		水资源量	Y ₁₅	0.0446	正向
		粮食产量	Y ₁₆	0.0345	正向
	经济效益指数	人均GDP	Y ₁₇	0.037	正向
		城镇居民人均可支配收入	Y ₁₈	0.0349	正向
		农民人均纯收入	Y ₁₉	0.0362	正向
		恩格尔系数	Y ₂₀	0.032	负向
系统效益性	社会效益指数	城乡统筹就业人数	Y ₂₁	0.0456	正向
		人均道路面积	Y ₂₂	0.0305	正向
	生态效益指数	水土流失治理面积	Y ₂₃	0.0564	正向
		石漠化综合治理面积	Y ₂₄	0.0407	正向
		人均公共绿地面积	Y ₂₅	0.0239	正向
		生活垃圾无害化处理率	Y ₂₆	0.0285	正向
		空气质量优良率	Y ₂₇	0.036	正向

2.2 原始数据处理

针对城镇化质量评价与土地利用系统健康评价所选取的指标体系，采用贵阳市2005~2014年的相对应指标的原始数据，分别建立原始数据矩阵 $X = \{X_{ij}\}_{10 \times 17}$ 、 $Y = \{Y_{mn}\}_{10 \times 27}$ ，其中， X_{ij} 表示从第*i*年指标层中第*j*个指标的原始数据，分别代表表1中的17个指标（*i*表示年份，2005~2014年， $i=1, 2, 3, \dots, 10$ ；*j*表示城镇化质量评价指标中第*j*个指标， $j=1, 2, 3, \dots, 17$ ）； Y_{mn} 表示从第*m*年指标层中第*n*个指标的原始数据，分别代表表2中的27个指标（*m*表示年份，从2005年到2014年， $m=1, 2, 3, \dots, 10$ ；*n*表示土地利用系统健康评价指标中第*n*个指标， $n=1, 2, 3, \dots, 27$ ）。

由于不同的指标其量纲、数量级、单位及性质各不相同，需要对原始数据进行标准化处理，标准化公式如下：

对于正向指标：

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min\{X_j\}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \quad (1)$$

$$Y'_{mn} = \frac{Y_{mn} - \min\{Y_n\}}{\max\{Y_n\} - \min\{Y_n\}} \quad (2)$$

对于负向指标:

$$X'_{ij} = \frac{\max\{X_j\} - X_{ij}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \quad (3)$$

$$Y'_{mn} = \frac{\max\{Y_n\} - Y_{mn}}{\max\{Y_n\} - \min\{Y_n\}} \quad (4)$$

式中: $\min\{X_j\}$ 、 $\max\{X_j\}$ 分别代表城镇化质量评价中所有年份里第 j 项评价指标的最小值和最大值; $\min\{Y_n\}$ 、 $\max\{Y_n\}$ 分别代表土地利用系统健康评价中所有年份里第 n 项评价指标的最小值和最大值。

2.3 评价指标权重的确定

由于各评价指标对于评价单位的贡献不同, 需要根据各指标对各评价体系的作用大小来确定权重。为了使确定权重的过程具有客观性和准确性, 本研究采用熵值法分别确定城镇化质量评价以及土地利用系统健康评价中各指标的权重。以城镇化质量指标权重的计算为例, 方法如下:

指标信息熵:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^t (G_{ij} \times \ln G_{ij}) \quad (5)$$

信息熵冗余度:

$$d_j = 1 - e_j \quad (6)$$

指标权重:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^s d_j} \quad (7)$$

式中: k 为待定系数, 其计算公式为 $k=1/\ln(t)$ 。其中 t 为评价年数, s 为指标个数。 G_{ij} 表示第 j 项指标下第 Z 年份指标值的比例。

2.4 耦合度、协调度模型

耦合度是描述系统发展过程中参量之间协同作用的强弱程度, 根据协同论原理, 系统走向有序的关键在于系统内部各子系统间的协同作用, 耦合度正是这种协同作用的量度^[33]。对于喀斯特地区各个时期城镇化质量与土地利用系统健康的耦合研究, 也可以采用“耦合度”的方法。本文基于城镇化质量的综合指数和土地利用系统健康的综合指数建立城镇化质量与土地利用系统健康的耦合度模型。城镇化质量与土地利用系统健康的耦合关系越协调, 耦合水平越高。用数学方法来计量, 可以用代表函数之间的离差来衡量, 离差越小, 协调程度越高; 离差越大, 协调程度越低^[34]。城镇化质量综合评价函数, 即:

$$F(U) = \sum_{j=1}^s W_j X_j \quad (8)$$

式中：s 描述城镇化质量指标的个数； W_j 为描述城镇化质量第 j 个指标权重； X_j 为描述城镇化质量的第 j 个指标的标准化值。由此函数计算的城镇化质量指数越高，表明城镇化质量的水平越高，反之则越低。土地利用系统健康综合评价函数，即：

$$F(L) = \sum_{n=1}^p W_n Y_n \quad (9)$$

式中：p 为描述土地利用系统健康的指标个数； W_n 为描述土地利用系统健康的第 n 个指标权重； Y_n 为描述土地利用系统健康的第 n 个指标的标准化值。由此函数计算的土地利用系统健康指数越高，表明土地利用系统的健康状况越良好，反之，则土地利用系统健康状况越差。

在构建了城镇化质量评价函数和土地利用系统健康评价函数的基础上，借鉴物理学中的容量耦合概念和容量耦合系数模型，推广得到多个系统相互作用的耦合度模型，并可以将其简化为：

$$C = \sqrt{F(U) \times F(L)} / [F(U) + F(L)] \quad (10)$$

式中：C 为耦合度，反映了城镇化质量和土

地利用系统健康耦合的数量程度，且 $C \in [0, 1]$ 。C 值与耦合性成正相关，表明城镇化质量与土地利用系统健康的耦合程度越高。耦合度类型的划分见表 3。

表 3 城镇化质量与土地利用系统健康耦合度类型划分

耦合阶段	无序	低水平耦合	拮抗	磨合	高水平耦合	有序
耦合度	$C=0$	$0 < C \leq 0.3$	$0.3 < C \leq 0.5$	$0.5 < C \leq 0.8$	$0.8 < C \leq 1.0$	$C=1.0$

在对比研究中，因为耦合度只能反映两者的相关程度，难以体现其综合交互作用水平，单纯依靠耦合度进行判别容易产生误差，从而出现结论偏离实际情况^[35]。在耦合度研究的基础上通过构建城镇化质量与土地利用系统健康协调度模型，可以评判喀斯特地区城镇化质量与土地利用系统健康间交互耦合的协调程度，协调度的计算公式如下：

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (11)$$

$$T = \sqrt{aF(U) + bF(L)} \quad (12)$$

式中：D 为协调度；C 为耦合度；T 为城镇化质量与土地利用系统健康协调指数。a、b 为待定系数，本研究默认城镇化质量水平与土地利用系统的健康水平的重要程度相当，因此取 $a=0.5$ ， $b=0.5$ ， $F(U)$ 、 $F(L)$ 分别代表城镇化质量综合评价值和土地利用系统健康综合评价值。协调度属于一种过程变量，具有阶段性特征，其数值在 0 到 1 范围之间，参照已有研究中关于两系统协调度阈值划分原则^[32]，本文以 0.5 为界线，协调度数值小于 0.5 表示两系统总体处于失调状态，大于或等于 0.5 表示两系统总体上处于协调状态。在此基础上，对失调状态和协调状态按照协调度数值的大小进行进一步细分，对于协调度小于 0.5 的失调状态，从大到小以每 0.1 为单位，细分为濒临失调、轻度失调、中度失调和严重失调四类协调状态，由于比严重失调更恶劣的失调状态并无讨论意义，因此将协调度小于 0.2 的均归为严重失调；对于协调度大于或等于 0.5 的协调状态，从小到大

以每 0.1 为单位，细分为勉强协调、初级协调、中级协调和高级协调五类协调状态，城镇化质量与土地利用系统健康协调度类型的分类和评判标准如表 4 所示。

表 4 城镇化质量与土地利用系统健康协调度类型划分

协调度 D	水平分类
$0 < D < 0.2$	严重失调
$0.2 \leq D < 0.3$	中度失调
$0.3 \leq D < 0.4$	轻度失调
$0.4 \leq D < 0.5$	濒临失调
$0.5 \leq D < 0.6$	勉强协调
$0.6 \leq D < 0.7$	初级协调
$0.7 \leq D < 0.8$	中级协调
$0.8 \leq D < 0.9$	良好协调
$0.9 \leq D < 1.0$	优质协调

2.5 剪刀差方法

由于城镇化质量与土地利用系统健康之间存在相互作用与相互影响的关系，可以把它们看作一个复合系统来进行分析。本研究采用剪刀差反映某时刻城镇化质量 $F(U)$ 与土地利用系统健康 $F(L)$ 发展趋势的差异，通过 $F(U)$ 与 $F(L)$ 曲线在给定时刻 t 的两切线夹角 θ 来表示，且 θ 值越大，表示城镇化质量与土地利用系统健康变化趋势的差异越大。其中 $F(U)$ 与 $F(L)$ 的变化速率 V_U 、 V_L 通过其曲线的切线斜率 $F'(U)$ 和 $F'(L)$ 来表示^[36]。

$$F'(U) = V_U = \frac{dF(U)}{dt} \quad (13)$$

$$F'(L) = V_L = \frac{dF(L)}{dt} \quad (14)$$

$$\theta = \arctan \left| \frac{F'(U) - F'(L)}{1 + F'(U)F'(L)} \right| \quad (0 \leq \theta < \pi/2) \quad (15)$$

3、研究结果与分析

3.1 贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康评价结果

分别对贵阳市城镇化质量评价指标体系与土地利用系统健康评价指标体系中的各原始数据进行处理，并通过前文所述的熵值法确定权重，城镇化质量的权重计算结果见表 1 所示，土地利用系统健康评价的权重计算结果见表 2 所示。分别按照城镇化质量综合评价函数（公式 8）和土地利用系统健康综合评价函数（公式 9）计算得出贵阳市 2005~2014 年城镇化质量的综合指数与土地利用系统健康的综合指数，见表 5，并根据计算结果作图 2，以分别反映贵阳市 2005~2014 年城镇化质量与土地利用系统健康的变化情况。

通过表 5 和图 2 可以看出贵阳市 2005~2014 年城镇化质量综合指数与土地利用系统健康的变化趋势：一方面，贵阳市城镇化质量的综合指数总体呈上升趋势，这意味着贵阳市的城镇化质量水平逐渐趋好。具体来看，城镇化质量综合指数从 2005 年的

0.1229 逐渐上升至 2014 年的 0.8958, 其中 2005~2010 年为缓慢提升阶段, 城镇化质量综合指数稳中有升说明了随着人口以及土地的快速城镇化, 整个贵阳市的城镇化发展和经济社会仍处于调整适应期, 正在克服以往社会发展中存在的问题并逐渐适应由城镇化带来的一系列城市提速建设; 2010~2014 年为快速提升阶段, 反映出贵阳市已良好地适应了当前的政策制度, 使得城镇化质量体系开始进入到了一个良性循环的时期, 呈现出利好局势。从总体趋势来看, 贵阳市 2005~2014 年间的城镇化质量不断提升, 这主要体现在整个城市的经济发展水平和社会发展水平逐年提高, 并且伴随着城市基础设施建设的日益完善, 人民的生活质量也在不断提升, 城乡之间的差距正在逐渐缩小, 与此同时, 随着人们对环境保护意识的日益增强, 整个城市的生态环境状况也得到了相应的改善, 城镇化质量水平保持了持续且稳定的增长态势。

表 5 贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康评价结果

年份	城镇化质量综合指数	土地利用系统健康综合指数
2005	0.1229	0.2786
2006	0.1261	0.2918
2007	0.3069	0.3459
2008	0.3250	0.3935
2009	0.4008	0.4606
2010	0.4388	0.5366
2011	0.5597	0.4875
2012	0.6730	0.6231
2013	0.8036	0.6709
2014	0.8958	0.6820

另一方面, 贵阳市土地利用系统健康的水平也基本呈逐年上升的趋势, 土地利用系统健康综合指数从 2005 年的 0.2786 上升至 2014 年的 0.6820, 根据土地利用系统健康的分级标准可以判断出 2005~2014 年这 10a 间, 贵阳市的土地利用系统健康水平分别经历了亚健康、初级健康和中级健康这 3 种状态。这说明在这 10a 间, 贵阳市土地利用系统结构日趋合理, 功能得到了良好的发挥并且在各方面所取得的效益正在逐年提升。需要注意的是, 2005~2010 年土地利用系统健康水平一直保持上升的趋势, 但在 2011 年突然下降, 分析其原因, 主要是由于 2011 年贵阳市土地利用系统健康评价中代表土地利用结构、功能和效益的某些指标在研究期内均处于研究时期内的最低水平, 影响了本年度评价的综合指数。在此之后, 随着第三轮土地利用总体规划的实施逐渐取得成效, 贵阳市对土地利用结构、布局的合理调整, 加强对土地利用生态系统的保护, 积极实施了生态退耕, 治理石漠化和水土流失等生态问题, 使得土地利用系统健康水平在随后几年又恢复了逐年上升的趋势, 并达到中级健康的状态, 且有继续向高级健康发展的趋势。

总体看来, 2005~2010 年, 贵阳市土地利用系统健康的综合指数值均大于城镇化质量的综合指数值, 这说明, 2005~2010 年间, 随着城镇化速度的加快并伴随着城镇化质量的提高, 土地利用系统健康水平尚能承载城镇化带来的一系列土地开发利用所产生的后果。2011~2014 年, 贵阳市城镇化质量的综合指数已经开始超过土地利用系统健康的综合指数, 虽然土地利用系统的健康水平逐渐从亚健康状态过渡到中级健康状态, 但随着城镇化质量的提高, 更应当注意土地利用系统的健康水平, 保持其向更高层次健康发展的趋势, 以支撑未来城镇化建设, 进一步提高城镇化质量。

3.2 贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康耦合度及协调度分析

根据公式 (10)、(11)、(12) 对贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康的耦合度及协调度进行计算, 得到的结果见表 6 所示, 根据表 6 绘制图 3。

表 6 贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康耦合度及协调度测度结果

年份	耦合度 c	协调度 D	耦合阶段	协调程度
2005	0.4609	0.4544	拮抗	濒临失调
2006	0.4590	0.4580	拮抗	濒临失调
2007	0.4991	0.5340	拮抗	勉强协调
2008	0.4977	0.5462	拮抗	勉强协调
2009	0.4988	0.5722	拮抗	勉强协调
2010	0.4975	0.5894	拮抗	勉强协调
2011	0.4988	0.6008	拮抗	初级协调
2012	0.4996	0.6342	拮抗	初级协调
2013	0.4980	0.6539	拮抗	初级协调
2014	0.4954	0.6633	拮抗	初级协调

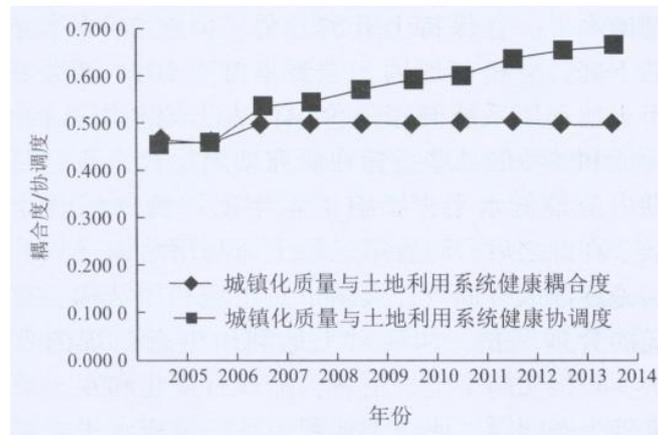


图 3 贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康耦合度与协调度变化趋势

通过表 6 和图 3 可以看出，在研究期内，贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康的耦合度较为稳定，一直在 0.4 至 0.5 的范围区间内波动，在这 10a 间均处于拮抗水平，这说明城镇化质量与土地利用系统健康水平两者之间的关系密不可分，在城镇化过程中伴随着的土地扩张，若其中一方的发展产生负面效应，就会抑制另一方的良好发展，为了保证城镇化质量的稳步提升，就必须对土地进行合理的开发利用，以保证土地利用系统的健康作为城镇化质量提升的基础，反之亦然，若要保证土地利用系统的健康稳定，也需要良好城镇化质量的发展作为基础。

协调度从 2005 年的 0.4544 提高到 2014 年的 0.6633，先后经历了濒临失调、勉强协调、初级协调 3 个阶段。截止到 2014 年，虽然耦合协调度仍未到达最佳的优质协调状态，但从连续 10a 的协调度结果显示出的趋势可以看出，由于存在快速城镇化导致的土地扩张，城市土地自然条件的基础较差等原因，造成了贵阳市的城镇化质量与土地利用系统健康水平存在一段时间的濒临失调问题，但随着对城市基础设施建设的加强，对于生态环境保护工作的日益重视，贵阳市的城镇化质量和土地利用健康水平目前已经呈现出向优质协调方向发展的态势。

3.3 贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康演化速率及剪刀差分析

以前文计算得出的城镇化质量综合指数和土地利用系统健康综合指数为基础，将两系统的综合指数与时间进行曲线拟合，分别得到拟合效果良好的两条曲线，这两条曲线的切线方程分别代表了城镇化质量和土地利用系统健康的演化速率，即 $F'(U)$ 和 $F'(L)$ ；根据公式（15）测算得到城镇化质量与土地利用系统健康发展演化速率的剪刀差 θ 。

其中，城镇化质量拟合曲线和土地利用系统健康拟合曲线分别为：

$$F(U) = 0.000085U^6 - 0.00301U^5 + 0.041605U^4 - 0.280573U^3 + 0.949462U^2 - 1.40248U + 0.815654 \quad (R^2 = 0.9961)$$

$$F(L) = -0.000049L^6 + 0.001481L^5 - 0.016848L^4 + 0.08985L^3 - 0.223986L^2 + 0.2696L + 0.158207 \quad (R^2 = 0.9776)$$

城镇化质量与土地利用系统健康的两条拟合曲线的斜率分别为：

$$F'(U) = 0.00051t^5 - 0.01505t^4 + 0.16642t^3 - 0.841719t^2 + 1.898924t - 1.40248$$

$$F'(L) = -0.000294t^5 + 0.007405t^4 - 0.067392t^3 + 0.26955t^2 - 0.447972t + 0.2696$$

按照公式（15）计算两系统变化趋势剪刀差，得到的结果用图 4 表示：

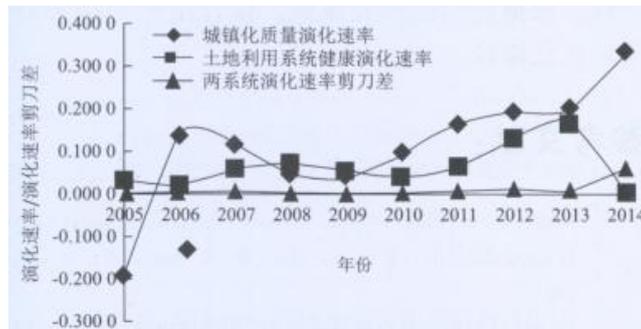


图 4 贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康演化速率及剪刀差

通过图 4 可以看出，贵阳市城镇化质量的演化速率呈现出波动变化的特征，具体来看，2005~2006 年呈现上升的趋势，2006~2009 年为下降的趋势，2009~2014 年为上升趋势。这说明在研究期内，贵阳市城镇化质量的演化速率较不稳定，虽然城镇化质量的综合指数逐年上升，但发展趋势较为曲折。

贵阳市的土地利用系统健康演化速率也呈波动变化的特征。2005~2006 年表现为下降的趋势，2006~2008 年表现为逐年上升的趋势，2008~2010 年表现为逐年下降的趋势，2010~2013 年开始上升，2013~2014 年表现为下降的趋势。土地利用系统健康演变速率的波动变化特征反映了贵阳市土地利用系统健康发展演化水平较为不稳定。

在研究期内，贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康两个系统演化速率的剪刀差较为稳定，波动趋势比较平缓，除 2014 年外，大体在 0.01 水平范围内波动，这说明 2005~2013 年间，贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康这两个系统发展演化速率的差异基本维持在稳定水平。但从 2013 年开始至 2014 年，两系统间演化速率的差异突然增大，这说明随着城镇化质量的提升，城镇化速度的进一步加快，对于土地利用所产生的负面效应越来越大，即使土地利用系统健康的水平朝着良好的方向发展，也不能摆脱城镇化质量和土地利用系统健康两者协调演化状态下降的困境。

4、贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康耦合优化路径

理论上，城镇化质量与土地利用系统健康这两个系统的最优耦合关系应为城镇化质量的综合评价指数与土地利用系统健康的综合评价指数值相等，但实际中，由于选取指标的差异，干扰因素的存在等使两个系统的综合评价指数很难处于相等的最优耦合状态。由于城镇化质量的提升离不开良好土地利用系统健康水平的支持，同时城镇化过程中对土地的开发利用会在一定程度上影响土地利用系统健康水平，土地利用系统的健康水平受到威胁后会反作用于城镇化的过程，造成城镇化质量的降低。因此，在推进城镇化发展的同时，要加强对于土地利用系统健康的保护，做到两个系统综合评价指数的双向提高，并且在单独每个系统的优化路径中要体现对另外一个系统的优化，这在某种层面上来说，也是能够促进两个系统之间的耦合关系的。

对于提高城镇化质量而言，首先要加速产业转型升级，为城镇化质量的提升提供源动力。对此，贵阳市应依托自身在大数据方面的优势，运用大数据手段对磷铝资源型产业、特色食品等传统产业进行信息化、服务化以及绿色化改造，延伸产业链条。第二，加强城乡联动，塑造城乡发展新形态。这一方面要优化城乡布局，充分利用贵阳市的山脉、河流、通风走廊等自然分割，划分组团单元，促进城乡统筹的集聚发展，另一方面要完善基础设施，实现交通网络、信息网络等城乡互通。并且要推进城乡在文化教育、医疗卫生等方面公共服务的均等化。第三，提高资源的利用效率，增强可持续发展能力。这要求贵阳市在土地资源、水资源以及能源等方面加强集约高效利用，提高土地资源的市场化配置程度并加强对存量土地资源的开发利用，采取严格的水资源管理措施，加强水生态的保护和修复，建立资源循环利用体系，同时建立绿色增长机制，将绿色 GDP 作为重要的绩效考核指标，推进整个贵阳市的可持续发展。

对于提高土地利用系统健康水平而言，首先要进一步加强对石漠化和水土流失的治理，防止生态环境恶化。针对不同的治理重点，要注重与治理区域范围内的农林产业结构、农民增收和扶贫开发等工作紧密结合，使生态环境得到改善。其次，实行严格的土地用途分区和管制政策。在土地利用过程中，要以土地利用总体规划中确定的土地用途分区为基础，严格按照功能分区内所鼓励、控制和禁止的要求调整土地利用，并且要严格控制建设用地的蔓延扩张，加强土地的节约集约利用水平，提高土地利用效率。第三，要建立土地利用生态健康预警系统。对于土地利用这种不可逆的过程而言提前预警胜过出现问题后的补救，通过运用 3S 技术建立预警系统，提高风险防范意识，将土地利用系统健康问题防患于未然，对于提高土地利用系统健康也有重要意义。

此外，在城镇化质量提升过程中要注重土地生态环境的保护和建设，在贵阳市的城镇化水平、质量以及城市整体经济随着对土地利用程度的增强不断提供的支撑下，将更多的资金投入生态环境保护事业，使得生态环境质量得到改善，这在一定程度上对土地利用系统健康水平的提供产生促进作用。

5、结论与讨论

本文通过分别构建城镇化质量与土地利用系统健康评价指标并进行综合指数的测算，得出 2005~2014 年各年间贵阳市城镇化质量综合指数和土地利用系统健康综合指数，继而运用耦合度、协调度模型以及剪刀差方法分析贵阳市两个系统之间的联系。研究结果显示贵阳市的城镇化质量保持着稳定的增长态势，土地利用系统健康已经达到中级健康的水平；城镇化质量和土地利用系统健康的耦合度处于拮抗水平，两系统的协调度在未来有朝着向协调方向发展的趋势；两系统的剪刀差值较为稳定，波动趋势比较平缓，这表明贵阳市城镇化质量与土地利用系统健康这两个系统发展演化速率的差异基本维持在稳定水平，但为了促

进两系统耦合协调度的提升，在未来要按照两系统耦合协调的优化路径发展。

由于贵阳市为典型的喀斯特地貌城市，在城镇化与土地利用的过程中存在着较多具有喀斯特特质的不确定性和复杂性，使得城镇化质量与土地利用系统健康的研究也充满未知。但由于数据资料获取的有限性，在未来的研究中应系统地制定符合其喀斯特地貌的更多层次的评价指标体系，并分别对贵阳市下辖六区三县一市的城镇化质量与土地利用系统健康的耦合关系展开研究，以反映贵阳市内部两系统协同演化关系的空间差异性，根据后续的研究成果，设计出更为详细的协调优化路径。

[参考文献]:

[1]NORMAN MYERS .Ultimate security : the environmental basis of political stability[M].New York: W.W.Norton & Company, 1993.

[2]国家统计局城市社会经济调查司.中国城市统计年鉴 2015 年[M].北京: 中国统计出版社, 2015.

[3]WEBER C , PUISSANT A .Urbanization pressure and modeling of urban growth: example of the tunis metropolitan area[J].Remote Sensing of Environment, 2003, 86 (3) : 341-352.

[4]ZHOU D, XU J, WANG L , et al .Assessing urbanization quality using structure and function analyses: a case study of the urban agglomeration around Hangzhou bay (UAHB) , China[J].Habitat International, 2015, 49: 165-176.

[5]顾朝林, 于涛方, 李王鸣, 等.中国城市化格局、过程、机理[M].北京: 科学出版社, 2008.

[6]叶裕民.中国城市化质量研究[J].中国软科学, 2001 (7) : 27-31.

[7]李秋明, 朗学彬.城市化质量的内涵及其评价指标体系的构建[J].中国软科学, 2010 (6) : 182-186.

[8]陈 明.中国城镇化发展质量研究评述[J].规划师, 2012 (7) : 5-10.

[9]王富喜, 毛爱华, 李赫龙, 等.基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J].地理科学, 2013, 33 (1) : 1323-1329.

[10]张春梅, 张小林, 吴启焰, 等.发达地区城镇化质量的测度及其提升对策——以江苏省为例[J].经济地理, 2012, 32(7): 50-55.

[11]方创琳, 王德利.中国城市化发展质量的综合测度与提升路径[J].地理研究, 2011 (11) : 1931-1946.

[12]王 洋, 方创琳, 王振波.中国县域城镇化水平的综合评价及类型区划分[J].地理研究, 2012 (7) : 1305-1316.

[13]王德利, 赵 弘, 孙 莉, 等.首都经济圈城市化质量测度[J].城市问题, 2011 (20) : 6-8.

[14]夏南凯, 程 上.城镇化质量的指数型评价体系研究——基于浙江省的实证[J].城市规划学刊, 2014 (1) : 39-45.

[15]杨璐璐.中部六省城镇化质量空间格局演变及驱动因素——基于地级及以上城市的分析[J].经济地理, 2015, 35 (1) :

68-75.

- [16]何孝沛, 梁 阁, 丁志伟, 等. 河南省城镇化质量空间格局演变[J]. 地理科学进展, 2015, 34 (2) : 257-264.
- [17]邵 琳. 城镇化质量时空演变及动力系统分析——以安徽省为例[D]. 南京: 南京大学, 2013.
- [18]马文亚. 基于县域单元的山东省城镇化质量时空格局演变研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2016.
- [19]张春梅, 张小林, 吴启焰, 等. 城镇化质量与城镇化规模的协调性研究——以江苏省为例[J]. 地理科学, 2013, 33 (1) : 16-22.
- [20]李江苏, 王晓蕊, 苗长虹, 等. 城镇化水平与城镇化质量协调度分析——以河南省为例[J]. 经济地理, 2014, 34 (10) : 70-77.
- [21]陈美球, 吴次芳. 土地健康研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2002, 24 (3) : 324-329.
- [22]SCHAEFFER D J, HERRICKS D E, ADWIN E , et al . Ecosystem health: Measuring ecosystem health[J]. Environmental Management, 1998 (12) : 445-455.
- [23]蔡为民, 唐华俊, 陈佑启, 等. 土地利用系统健康评价的框架与指标选择[J]. 中国人口·资源与环境, 2004, 14 (1) : 31-35.
- [24]郑华伟, 张 锐, 刘友兆. 基于物元分析的土地利用系统健康诊断[J]. 中国土地科学, 2012, 26 (11) : 33-39.
- [25]杨 丹, 叶长盛. 南昌市土地利用系统健康评价及障碍因素诊断[J]. 东华理工大学学报: 社会科学版, 2013, 32 (3) : 320-326.
- [26]赵亚峰, 王一鸣, 岳晓燕. 土地健康位理论在土地健康评价中的应用——以宁夏为例[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2007, 28 (3) : 271-276.
- [27]陈美球, 黄 靓, 蔡海生, 等. 鄱阳湖区土地健康评价[J]. 自然资源学报, 2004, 19 (2) : 170-175.
- [28]张 锐, 刘友兆, 丑建立. 中国土地利用系统健康动态评价[J]. 水土保持通报, 2014, 34 (2) : 198-203.
- [29]张 锐, 郑华伟, 刘友兆. 基于压力—状态—响应模型与集对分析的土地利用系统健康评价[J]. 水土保持通报, 2014, 34 (5) : 147-152.
- [30]姚 岚, 吴次芳, 吕添贵, 等. 基于三角模型的喀斯特地区土地利用系统健康评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31 (14) : 246-254.
- [31]张 引, 杨庆媛, 闵婕. 重庆市新型城镇化质量与生态环境承载力耦合分析[J]. 地理学报, 2016, 71 (5) : 817-828.
- [32]刘宝涛, 王冬艳, 刘惠清. 城镇化发展与土地健康利用协同演化关系——以长春市为例[J]. 经济地理, 2016, 36 (10) :

76-83.

[33]吴大进, 曹力, 陈立华. 协同学原理和应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990: 9-17.

[34]赵星. 贵阳市乌当区生态—经济系统耦合关系研究[J]. 贵州师范大学学报(自然版), 2006, 24(3): 111-115.

[35]吕添贵, 吴次芳, 游和远. 鄱阳湖生态经济区水土资源与经济发展耦合分析及优化路径[J]. 中国土地科学, 2013, 27(9): 3-10.

[36]李双江, 胡亚妮, 崔建升, 等. 石家庄经济与人居环境耦合协调演化分析[J]. 干旱区资源与环境, 2013(4): 8-15.