

# 武汉城市圈土地低碳-高效利用 耦合特征及时空分析

董捷, 吕思陶, 张安录

(华中农业大学公共管理学院, 湖北 武汉 430070)



**摘要** 研究土地低碳利用与土地高效利用的耦合协调关系, 有利于合理高效地配置土地资源, 推动土地利用向低碳、高效的方式倾斜。以武汉城市圈为例, 分别构建了土地低碳利用水平与土地高效利用水平的评价指标体系; 运用熵权法分别对2005—2013年土地低碳利用水平以及土地高效利用水平进行评价, 探究两者的时空差异特征, 并运用耦合度和耦合协调度模型对两者之间的耦合协调关系进行分析。结果表明: 从时间演变来看, 武汉城市圈土地低碳与土地高效利用水平均呈现上升趋势, 但地区之间的上升情况存在差异; 从空间特征来看, 武汉城市圈内各城市土地低碳利用与土地高效利用的耦合协调度不断增强, 总体朝着有序的方向发展, 在空间上具有较为显著的正相关关系, 存在一定的聚集特征。提出了促进武汉城市圈土地低碳-高效利用的政策建议: 实行差别化的土地利用政策、探索低碳土地利用模式、增强武汉市的辐射带动作用等。

**关键词** 土地低碳利用; 土地高效利用; 评价; 耦合协调; 武汉城市圈

**中图分类号:** F 301.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2016)05-0106-10

**DOI 编码:** 10.13300/j.cnki.hnwx.2016.05.014

土地作为人类生存、生产、生活的物质基础, 是人类社会、经济、政治、文化等活动的载体, 土地资源的合理利用关系到社会经济的可持续发展及人类的生活质量。在当前土地供需矛盾激烈、土地利用碳排放急速增加等条件下, 土地利用的高效化和低碳化决定了土地利用的合理程度。土地利用变化是引起区域碳排放的重要因素<sup>[1]</sup>, 我国区域土地利用中, 高碳土地利用类型较多、比重大, 林地、牧草地等碳汇土地利用类型比重较小, 与此同时, 建设用地扩张、土地低效利用等现象也非常突出, 低效的土地利用产生了大量无效碳排放, 碳排放与碳吸收能力之间的差异日益扩大<sup>[2]</sup>。由此可见, 区域土地利用方式由高排放、低效益向低碳化、高效益转变已成为我国面临的重要理论与现实问题。

近年来, 土地低碳利用已经受到国内外的广泛关注。对于土地低碳利用, 国内外学者的研究主要集中于土地低碳利用的概念和内涵<sup>[3-4]</sup>、低碳土地利用模式与策略<sup>[5-8]</sup>、低碳导向下的土地利用评价<sup>[9]</sup>以及从国家<sup>[10]</sup>、省区<sup>[11]</sup>、城市<sup>[12-15]</sup>、县域<sup>[16]</sup>等不同尺度展开的土地利用低碳优化等方面。从系统的角度看, 土地低碳利用与土地高效利用分别是土地利用的两个子系统, 两者相互作用、相互影响。我国“十三五规划”提出了绿色发展的理念, 而推动低碳循环发展、全面节约和高效利用资源是实现绿色发展的重要途径, 所以土地低碳利用和土地高效利用的目标是一致的, 都是实现绿色发展, 并且两者互相促进, 土地高效利用可以有效地降低土地利用的碳排放, 在一定程度上推动土地利用的低碳化, 而土地低碳利用也可以促使土地的高效利用, 两者都要通过合理利用土地资源来实现。因此, 在确保土地利用高效益的基础上实现土地利用的低碳化对推动经济社会的可持续发展具有举足轻重的作用。目前国内的研究主要以土地低碳利用为中心展开, 从系统角度对土地低碳利用与土地高效利用

收稿日期: 2016-04-18

基金项目: 教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“建立城乡统一的建设用地市场研究”(14JZD009)。

作者简介: 董捷(1960-), 女, 教授, 博士; 研究方向: 区域经济与土地利用。

协调关系的研究较为少见。

武汉城市圈作为国务院正式批准的“资源节约型和环境友好型社会”建设综合配套改革试验区,土地能否低碳、高效利用对实现“资源节约型和环境友好型社会”这一目标具有重要的意义。因此,本文以武汉城市圈为例,分析其土地低碳利用与土地高效利用水平的时空差异特征及协调发展状况,以期为区域实现土地低碳-高效利用提供科学依据,为相关研究的深入开展和相关土地政策的制定与完善提供一定的参考。

## 一、指标体系的构建及数据处理

### 1. 构建评价指标体系

进行土地低碳利用水平和土地高效利用水平评价是研究土地低碳-高效利用耦合协调关系的前提,而评价指标体系的设计是土地利用评价的基础。为了客观、全面、科学地评价武汉城市圈土地利用低碳化和高效化水平,本文以土地管理学、土地经济学、系统科学理论等为基础,结合本文的研究目的和武汉城市圈的实际情况,并参考已有文献研究资料<sup>[17-19]</sup>,对指标进行设置和筛选。

土地低碳利用是以减少碳排放、提高碳汇能力为目标的土地利用行为。区域土地利用的低碳水平主要由碳源和碳汇所影响,碳源对应于土地利用的碳排放,碳汇则相当于土地利用的碳吸收能力,因此土地低碳利用水平主要从碳排放和碳吸收两大方面来进行评价。对于碳排放的指标,本文从土地利用碳排放、能源消耗和产业结构这几个因素进行选取;对于碳吸收方面,结合武汉城市圈各个城市的草地面积较少,主要碳汇用地是林地的实际情况,从碳汇用地入手选取森林覆盖率、人均公共绿地面积等相关指标,具体情况如表 1 所示。土地高效利用是追求土地利用产出效益最大化的土地利用方式,土地利用的最佳效益不仅仅取决于土地的经济产出,还取决于经济、社会和生态效益的相互协调<sup>[17]</sup>,因此,土地高效利用水平指标就从这三个方面细化。经济效益从 GDP、财政收入、产业增加值等方面进行衡量,社会效益从人民的生活水平和城市公共建设水平两方面来选取指标,生态效益从废水、废气方面进行指标的选取,如表 2 所示。在进行评价之前,运用 SPSS 软件

表 1 土地低碳利用水平评价指标体系

目标层	准则层	评价指标层	指标属性	指标权重
土地低碳利用	碳排放	地均净碳排放	负	0.144 7
		地均能源消耗	负	0.044 0
		碳排放强度	负	0.076 0
		能源消费弹性系数	负	0.011 8
		低碳产业增加值比重	正	0.208 8
	碳吸收	森林覆盖率	正	0.240 5
		土地利用碳结构系数	正	0.189 4
		人均公共绿地面积	正	0.055 3
		建成区绿地覆盖率	正	0.029 5

表 2 土地高效利用水平评价指标体系

目标层	准则层	评价指标	指标属性	指标权重
土地高效用	经济效益	地均 GDP	正	0.110 1
		地均地方财政收入	正	0.191 8
		地均第二产业增加值	正	0.105 4
		地均第三产业增加值	正	0.147 1
		地均社会商品销售额	正	0.106 5
		城镇人均可支配收入	正	0.038 8
	社会效益	农村居民人均纯收入	正	0.046 5
		人均公共设施建筑面积	正	0.039 2
		人均公共基础设施投入	正	0.180 9
		地均工业二氧化硫排放量	负	0.023 9
	生态效益	地均污水排放量	负	0.009 8

进行了共线性诊断,确保指标之间不存在明显的共线性和相关性,通过这些指标可以对武汉城市圈的土地低碳和高效利用的现状水平进行科学全面的评价。

### 2.数据来源及处理

本文根据研究目的和上述评价指标体系,收集 2005—2013 年武汉城市圈 9 个城市(武汉、黄石、鄂州、孝感、黄冈、咸宁、仙桃、潜江、天门)的相关数据,数据来源于《湖北省统计年鉴》、各市州国民经济和社会发展统计公报、《中国城市统计年鉴》和《中国城市建设统计年鉴》中有关 9 个城市的相关数据。

由于上述指标体系中评价指标原始数据的单位、量纲和性质存在差异,所以需要对其进行标准化处理,使得不同类型指标之间具有可比性,方便对武汉城市圈的土地低碳高效利用水平进行评价,确保在评价过程中不会出现因为指标属性、单位等的不同而导致的评价结果不客观的现象。常用的数据标准化方法有标准差标准化法和极差标准化法,标准差标准化法适用于指标数据的取值呈正态分布的情况,转化结果存在负数;极差标准化法适用于指标的属性方向不完全相同,对数据的个数和分布情况没有特别的要求,转化后的数据结果都在 0~1 之间,便于对数据进行进一步处理。上文所选的指标数据属性有正有负,所以选择极差标准化法对数据进行标准化处理,标准化后的数据均在 0~1 之间,使武汉城市圈土地低碳和高效利用水平评价结果更为准确。具体处理方法如下:

$$x_i' = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (\text{为正向指标})$$

$$x_i' = (x_{\max} - x_i) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (\text{为负向指标})$$

其中,  $x_i$ 、 $x_i'$  分别为指标的原始值和标准化值;  $x_{\max}$ 、 $x_{\min}$  分别为该项指标的最大值和最小值。

## 二、研究方法

本文首先对武汉城市圈各个城市的土地低碳利用水平及土地高效利用水平分别进行评价,再测算两者的耦合协调度,并对 9 个城市土地低碳-高效利用耦合协调度的时空特征进行分析。本研究运用的主要研究方法及其思路可以概括为图 1。

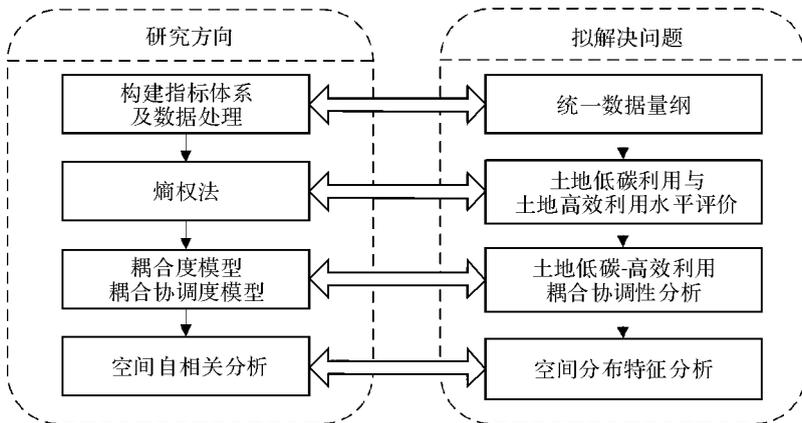


图 1 土地低碳-高效利用的耦合研究方法及其思路

### 1.评价方法

(1)确定指标权重。本文采用熵权法对上述评价指标的权重进行测算。权重表示各指标之间的相对重要性,权重的大小将影响到评价结果的可信度,对上述指标体系中各评价指标科学地进行权重的确定,可使武汉城市圈土地低碳利用和高效利用的综合评价客观、合理、可信。确定权重的方法主要分为主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法主要是由专家根据经验,进行主观判断而获得权数;客观赋权法是根据评价对象的指标值和标准值运用统计方法计算获得权数。在主观赋权法过程中人的主观因素对结果影响很大,不能排除个人的喜好和偏好,而客观赋权法是根据实际数据进行权重的确定,不依赖于人的主观判断,客观性比较强,结果较为准确,所以本文采用较为客观的熵权法,运用

matlab7.0 进行计算,确定权重,结果如表 1、表 2 所示。

(2)计算综合评价。将指标体系中的各指标值进行加权求和,得到土地低碳利用和土地高效利用水平的综合评价。

$$U_i = \sum_{i=1}^n w_i \times x_i' \tag{1}$$

式(1)中, $U_i$ 为土地低碳利用或土地高效利用水平的综合评价,  $w_i$ 为指标的权重,  $x_i'$ 为指标标准化值。

### 2.耦合协调度模型

从系统的角度来讲,耦合是指两个或两个以上的系统之间通过各种相互作用而彼此影响以至联合起来的现象,是指子系统间相互依赖、相互协调、相互促进的动态关联关系,而实现关联的前提条件是子系统间的良性互动<sup>[20]</sup>。借鉴物理学中的容量耦合概念及容量耦合系数模型,参考相关研究文献<sup>[21-23]</sup>,利用土地低碳利用和土地高效利用的综合评价,建立两者的耦合度函数:

$$C = \left\{ \frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2) \times (U_1 + U_2)} \right\}^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

式(2)中: $C$ 为耦合度, $U_1$ 、 $U_2$ 分别为土地低碳利用与土地高效利用的综合评价。耦合度  $C \in [0, 1]$ ,  $C=1$ 时,耦合度最大,土地低碳利用与土地高效利用达到良性共振耦合,  $C=0$ 时,两者之间没有相互关系。根据耦合度数值可以分为 4 个阶段: $0 < C \leq 0.3$ 为低水平耦合阶段; $0.3 < C \leq 0.5$ 时为颀颀阶段; $0.5 < C \leq 0.8$ 时进入磨合阶段; $0.8 < C \leq 1$ 时进入高水平耦合阶段。

虽然耦合度可以反映系统之间的相互关系,但某些情况下不能准确反映系统之间的整体水平,即不能反映系统之间是高水平协调还是低水平的协调。所以引入耦合协调度模型,用以反映两系统的整体协调水平。

$$D = \sqrt{C \times T} \tag{3}$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \tag{4}$$

式(3)和式(4)中, $D$ 为耦合协调度, $C$ 为耦合度, $T$ 为土地低碳利用与土地高效利用综合调和指数, $\alpha$ 、 $\beta$ 为待定权数,由于土地利用的减碳和增效同等重要,故取  $\alpha = \beta = 0.5$ 。将耦合协调度也可划分为 4 种类型: $0 < D \leq 0.4$ 为低度协调水平; $0.4 < D \leq 0.5$ 为中度协调水平; $0.5 < D \leq 0.8$ 为高度协调水平; $0.8 < D \leq 1$ 为极度协调水平。

### 3.空间自相关模型

空间相关性分析能够检验某一空间区域内的某一要素属性或某种现象与其相邻空间区域上的同一属性值或现象是否有显著的空间相关关系以及相关程度如何<sup>[24]</sup>,用来探讨地理事物、现象间的空间相互作用和关联关系,其中最常用的是空间自相关分析。空间自相关是以“托布勒地理学第一定律”<sup>[25]</sup>——临近的地理实体往往比相距遥远的实体具有更多的相似性为基础的,如果邻近或周边地区某一变量的值有相似的趋势,则这一变量呈空间正相关;如果空间上邻近的地区其变量值具有相反的趋势,则为空间负相关;如果变量值没有任何空间依赖关系,则无空间相关。空间自相关分析常用空间自相关系数来定量地描述事物在空间上的依赖关系和分布特征。

空间自相关分析包括全局空间自相关和局域空间自相关。全局空间自相关是描述某现象在研究区域的整体分布状况,判断此现象在空间是否有聚集特性存在。本文采用 Moran's I 指数对 2013 年武汉城市圈各个城市耦合协调度的空间相关性进行分析。取值范围为  $-1 \sim 1$ ,正值表示该空间事物的属性值分布具有正相关性,负值表示具有负相关性,0 值表示不存在空间相关,即空间随机分布<sup>[26]</sup>。全局 Moran's I 指数的计算公式为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y}) (y_j - \bar{y})}{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \tag{5}$$

式(5)中, $n$ 为数据数目即空间单元数量; $y_i$ 和  $y_j$ 分别为空间对象在第  $i$  和第  $j$  两点的属性值;

$w_{ij}$  为构建的空间权重矩阵;  $\bar{y}$  为所有空间单元观测值的均值。

全局空间自相关只能说明变量间整体的相关程度,不能描述空间单元之间具体的空间关联模式及聚集特征的分布位置,因此还需要运用局域空间自相关指标更加准确地把握空间要素的异质性。局域空间自相关分析就是在全局空间自相关分析的基础上,度量某一空间单元的某一属性值与其邻接地区该属性值的相关程度和关联模式。

### 三、武汉城市圈土地低碳与高效利用水平现状分析

基于前文所构建的武汉城市圈土地低碳利用与土地高效利用的评价指标体系和所采用的数据以及研究方法,对武汉城市圈 9 个城市进行综合评价,得到各个城市 2005—2013 年的土地低碳利用水平综合评价价值和土地高效利用水平综合评价价值,在此基础上,对武汉城市圈土地低碳利用和土地高效利用水平的时空演变特征进行分析。

#### 1. 土地低碳利用与高效利用水平时间演变特征

根据前文的评价方法,运用公式(1),计算得到武汉城市圈 9 个城市的土地低碳利用水平综合评价价值。总体来看,武汉城市圈各个城市的土地低碳利用水平呈现稳中有升的状态(图 2),说明武汉城市圈土地利用逐渐由高碳利用向低碳利用转变。其中,咸宁市土地低碳利用水平最高,土地低碳评价指数从 2011 年开始已经达到了 0.70 以上;黄冈市、鄂州市、天门市、潜江市的土地低碳利用水平有所起伏,但整体是呈上升趋势;仙桃市低碳利用水平较为稳定,低碳评价指数基本保持在 0.28 左右;其他城市土地低碳利用水平均呈现出上升趋势。

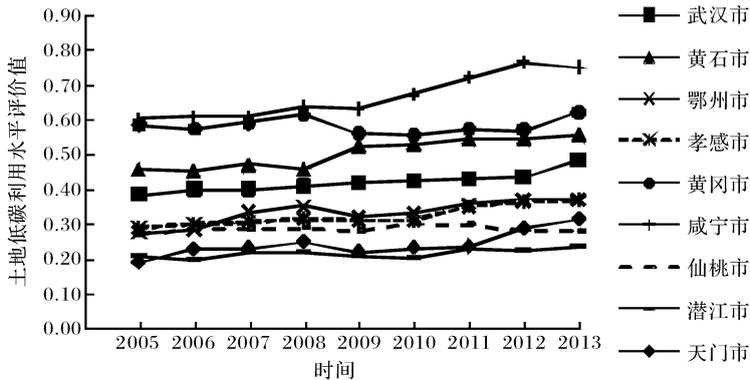


图 2 2005—2013 年武汉城市圈土地低碳利用水平

图 3 所示,2005—2013 年武汉城市圈内各个城市的土地高效利用水平一直处于上升状态,2005—2009 年变化较为缓和,2009 年以后上升较快,尤其是武汉市,在武汉城市圈内“一市独大”,增

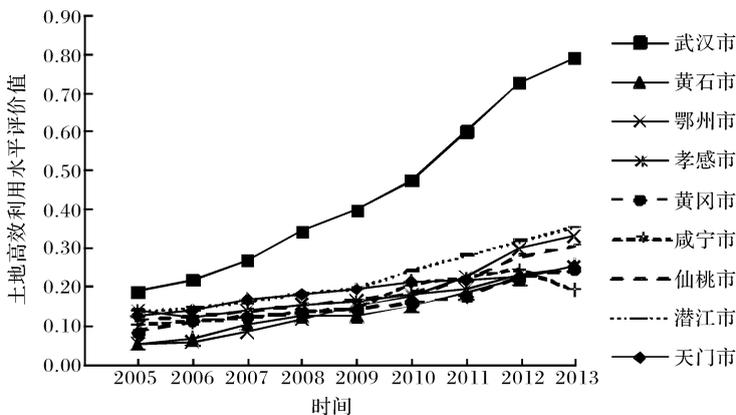


图 3 2005—2013 年武汉城市圈土地高效利用水平

长速度也是最快的,土地高效利用水平远远领先于其他 8 个城市,到 2013 年武汉市土地高效利用水平综合指数接近于 0.80,是其他各市的 2 倍多。

武汉城市圈内 9 个城市的土地低碳利用水平以及土地高效利用水平存在一定的地域差异。对城市之间的差异进行方差及极差分析(见表 3),土地低碳利用水平差距呈先减小后增大的趋势,2005—2007 年差距减小,2007 年以后各市土地低碳利用差距不断增大,但总体变化程度较为缓和。土地高效利用差距总体不断加大,并且变化幅度较大,这是由于武汉市增长速度很快,而其他几个城市发展较为缓慢。

表 3 2005—2013 年武汉城市圈 9 个城市土地低碳利用与高效利用水平地区差异

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
土地低碳利用差异	方差	0.024	0.022	0.021	0.023	0.024	0.026	0.028	0.030	0.030
	极差	0.413	0.409	0.388	0.415	0.423	0.469	0.493	0.540	0.514
土地高效利用差异	方差	0.002	0.002	0.003	0.005	0.007	0.010	0.018	0.026	0.032
	极差	0.136	0.162	0.182	0.228	0.276	0.324	0.427	0.507	0.601

### 2. 土地低碳利用与高效利用水平空间差异特征

根据前文计算的武汉城市圈综合评价值,运用 ARCGIS 中的自然断裂点法进行评价水平等级的划分,得到 2013 年武汉城市圈土地低碳利用与土地高效利用的空间布局特征,如图 4 和图 5 所示。

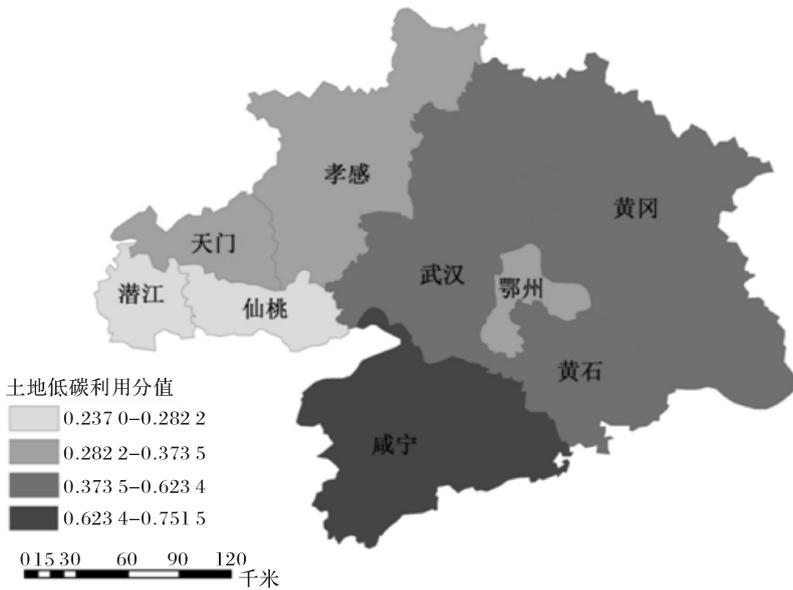


图 4 武汉城市圈土地低碳利用水平分级

从土地低碳利用水平空间分布来看(图 4),咸宁市土地低碳利用水平最高,因为咸宁市拥有丰富的森林资源和地热资源、环境优美,以旅游风光享誉盛名,旅游业发展迅速,在经济发展过程中能耗较少,故其土地碳排放强度较低;黄冈市、黄石市和武汉市次之,黄冈市多年坚持走绿色发展和生态环境保护,发展循环经济和低碳工业的道路,取得了良好效果;黄石市被纳入首批区域工业绿色转型发展试点,取得突破性的成绩和进展,低碳产业比重达到了 30% 以上;武汉市由于经济总量大且发展迅速,土地碳排放量较大并逐年增长,但武汉市低碳环保意识强烈,森林覆盖率及城市绿地面积逐年增加,在“两型社会”建设过程中,节能减排工作也取得了一定的成效;鄂州市、孝感市和天门市土地低碳利用水平较低,这与其产业布局有关;潜江市和仙桃市的土地低碳利用水平最低,在后期发展过程中需要加强土地的低碳利用。

从图 5 可以看出,武汉市土地高效利用水平最高,是由于武汉市经济发展水平高,土地经济效益和社会效益都远高于其他 8 个城市;其次是潜江市、鄂州市和仙桃市,鄂州市面积较小,土地利用的经济效益和社会效益都在中上等水平,潜江市和仙桃市土地高效利用水平较高,主要是基于社会效益指标的贡献;黄石市、黄冈市、孝感市和天门市属于第三等级;咸宁市土地高效利用水平最低,这是由于其人均 GDP、人均公共基础设施投入、人均公共设施用地等经济效益和社会效益指标值均比较低。

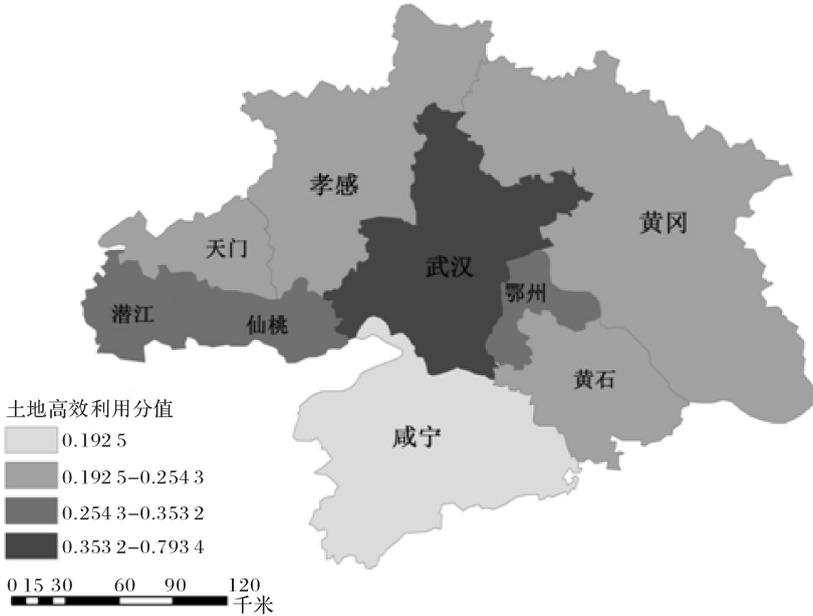


图 5 武汉城市圈土地高效利用水平分级

从空间分布上看,武汉城市圈内土地低碳利用和土地高效利用水平空间分布差异较为明显,土地低碳利用水平高的城市不一定能实现土地的高效利用,而实现土地高效利用的城市还应注重土地的低碳化利用。

#### 四、武汉城市圈土地低碳-高效利用的耦合协调状况分析

根据上述土地低碳利用和高效利用的综合评价,运用耦合度、耦合协调度模型,分别计算出各个城市每年的耦合度和耦合协调度,并对武汉城市圈土地低碳-高效利用的耦合度及协调度的时空格局及差异进行分析。

##### 1. 武汉城市圈土地低碳-高效利用耦合协调度时间演变特征

根据公式(2)和公式(3),运算得到武汉城市圈各个城市的耦合度数值都在 0.30~0.50 之间,土地低碳利用与土地高效利用基本处在颀颀阶段,但耦合度值总体不断上升,到 2013 年有些城市耦合度接近于 0.50,表明正在向磨合阶段过渡。虽然都处于颀颀阶段,但不同地区之间差异显著,为了进一步分析各市间的差异,对各地区的耦合强度进行了更为细致的划分:耦合度值在 0.45 以上的为高强度耦合,0.40 以下为低强度耦合,0.40~0.45 为中强度耦合。在 2005 年有黄石、鄂州、黄冈、咸宁 4 个城市是低强度耦合,2009 年只有黄石和咸宁 2 个低强度耦合城市,到 2013 年除了咸宁是中强度耦合,其他城市均为高强度耦合(见表 4)。

从耦合协调度看,各个城市的耦合协调度处在 0.245 2~0.557 3 之间,如图 6 所示,两者之间的协调度不断增强。武汉市的耦合协调度最高,并且呈直线增长,从 2011 年开始突破 0.50,达到高度协调。其他几个城市相互间差距不是很大,基本呈上升趋势。2005 年,城市圈 9 个城市均处于低度协调的状态,2009 年只有武汉市达到了中度协调状态,其余 8 个城市仍是低度协调,到 2013 年,武汉市已进入高度协调阶段,黄石、鄂州、黄冈、咸宁均达到了中度协调状态(见表 4)。

由于土地的稀缺,土地后备资源的逐渐减少,国家倡导加强土地的集约高效利用,使土地的效率不断提高,但是随着环境问题越来越突出,政府在发展经济的同时逐步意识到生态环境的重要性,低碳环保的理念得以提升,对节能减排工作高度重视,并调整土地利用结构,限制建设用地的扩张,增加碳汇用地面积,积极探索低碳型的土地利用方式,导致土地低碳利用与土地高效利用的耦合协调关系不断发生变化,耦合协调程度不断提高。

表 4 武汉城市圈土地低碳与高效利用耦合度与耦合协调度值

	2005 年			2009 年			2013 年		
	耦合度	耦合协调度	耦合强度与协调程度	耦合度	耦合协调度	耦合强度与协调程度	耦合度	耦合协调度	耦合强度与协调程度
武汉	0.469 4	0.367 3	高强度低协调	0.499 8	0.453 6	高强度中协调	0.485 4	0.557 3	高强度高协调
黄石	0.309 7	0.282 2	低强度低协调	0.393 7	0.357 7	低强度低协调	0.463 9	0.433 8	高强度中协调
鄂州	0.367 8	0.245 2	低强度低协调	0.465 9	0.333 0	高强度低协调	0.499 2	0.418 3	高强度中协调
孝感	0.466 1	0.316 4	高强度低协调	0.475 1	0.336 2	高强度低协调	0.490 8	0.392 3	高强度低协调
黄冈	0.332 8	0.334 2	低强度低协调	0.402 7	0.376 7	中强度低协调	0.450 7	0.442 7	高强度中协调
咸宁	0.352 9	0.353 2	低强度低协调	0.388 4	0.389 3	低强度低协调	0.402 9	0.436 1	中强度中协调
仙桃	0.456 8	0.297 2	高强度低协调	0.482 2	0.329 1	高强度低协调	0.499 6	0.382 9	高强度低协调
潜江	0.488 4	0.292 8	高强度低协调	0.499 6	0.319 7	高强度低协调	0.490 2	0.380 4	高强度低协调
天门	0.489 1	0.277 8	高强度低协调	0.498 9	0.322 1	高强度低协调	0.497 0	0.376 1	高强度低协调

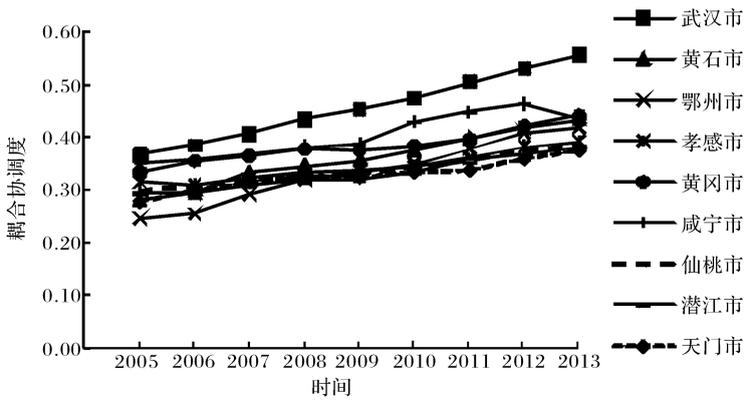


图 6 2005—2013 年武汉城市圈耦合协调度

## 2. 武汉城市圈土地低碳-高效利用耦合协调度空间特征分析

利用 GeoDa 软件对 2013 年武汉城市圈内各个城市土地低碳-高效利用的耦合协调度进行空间自相关分析,得到 Moran's I 指数为 0.148 2,在 0.05 水平上通过显著性检验,说明耦合协调度存在较为显著的空间正相关性,在空间上有一定的聚集现象,即相邻地区的耦合协调度呈现高-高或低-低的集聚模式。

在 GeoDa 软件中进一步进行局域自相关分析,可得到 Moran 散点图和 LISA 聚类分布图。结果表明,土地低碳-高效利用的耦合协调度在武汉城市圈内也存在明显的地域差异。LISA 聚类分布图用不同的形状填充表示不同的空间关联模式,如图 7 所示:斜线填充代表“高-高”区域,即高值地区被高值邻居包围;交叉线填充代表“高-低”区域,表示高值地区被低值邻居包围;点状填充代表“低-低”区域,表示低值地区被低值邻居包围;灰色填充代表“低-高”区域,表示低值区域被高值邻居包围。

从 LISA 图中(图 7)可看出黄石市属于“高-高”协调区域,作为武汉城市圈的副中心城市,与武汉市一起带动其他周围地区的协调发展,形成高-高协调发展区域;属于“低-低”协调区域有潜江市和天门市,二者位于城市圈西部,今后要注重土地低碳和土地高效利用的协调发展;鄂州市属于“低-高”异质区域,被高协调区域所包围,其耦合协调度明显低于周边地区,在周边地区的促进和带动下,其协调度有望提高;武汉市属于“高-低”异质区域,是极化效应区,自身协调度较高但周边有较多的低协调地

区,作为城市圈的中心城市,要充分利用其对周边地区的辐射效应,带动周边地区,从而促进武汉城市圈整体的协调发展。

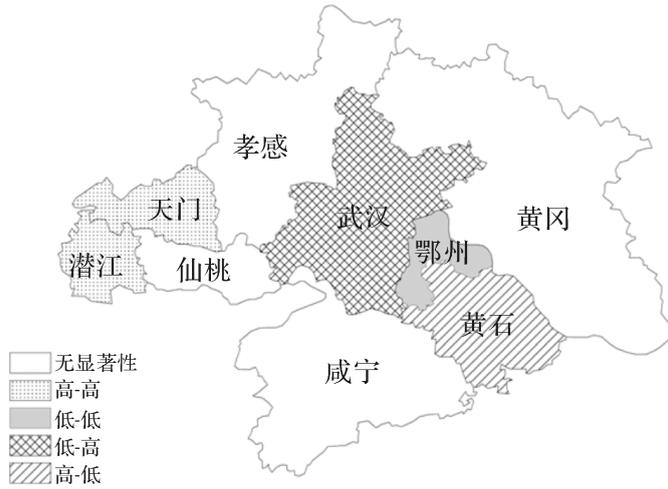


图 7 武汉城市圈耦合协调度 LISA 聚集图

## 五、结论与建议

### 1. 结 论

本文分析了武汉城市圈 2005—2013 年间土地低碳利用与土地高效利用的时序特征和空间差异,并对武汉城市圈 9 个城市土地低碳-高效利用的协调度进行了测算,有助于定量分析土地利用活动中低碳与高效的相互关系,为政府及决策部门制定科学合理的土地利用政策提供了借鉴和依据。具体研究结论如下:

(1)武汉城市圈土地低碳利用水平与土地高效利用水平在 2005—2013 年间均呈现出总体上升的趋势,但两者在研究时段内的增长趋势和变化幅度差异较大。土地低碳利用水平增长较为缓慢,且呈波动上升。其中,咸宁市的土地低碳利用水平在城市圈内处于领先地位。而土地高效利用水平在 2005—2013 年间变化幅度较大,增长迅速,尤其是武汉市,其土地高效利用水平一直高于城市圈内其他城市,且随着时间的推移这种差距在不断扩大。

(2)从空间分布来看,武汉城市圈内土地低碳利用水平和土地高效利用水平的空间分布有明显的差异。土地低碳利用水平整体表现为武汉城市圈的东南部地区高于西北部地区,其中咸宁市土地低碳利用水平最高。土地高效利用水平整体特点表现为武汉市一市独大的状态,其他城市虽有所差异但差距不大,相对来说西部地区土地高效利用水平高于东南部地区,可能得益于西部地区的社会效益较高。

(3)武汉城市圈土地低碳利用与土地高效利用的耦合度普遍较低,协调性较弱,但其协调度呈稳定上升的趋势,表明土地低碳利用与土地高效利用正向着相互协调的状态发展。从空间相关性上看,2013 年两者存在显著的空间正相关性。从局域自相关来看,武汉市属于“高-低”异质性区域;黄石市属于“高-高”区域;潜江市和天门市属于“低-低”区域;鄂州市属于“低-高”异质性区域。

### 2. 建 议

(1)实行差别化的土地利用政策。由于武汉城市圈各个城市的经济发展程度、自然禀赋等条件不同,要根据自身的实际发展情况和土地低碳高效利用的协调程度,并结合武汉城市圈的主体功能区划,确定优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域,针对不同区域特点,实行差别化的土地利用政策,引导合理的土地利用方式,最大限度地发挥土地资源的综合效益。对于高水平协调的城市如武汉,可以适当地增加建设用地的用地指标,进行土地的空间优化整合,进一步提高土地

利用效率,但要保持一定的碳汇用地面积,实现土地低碳利用和土地高效利用更高水平的协调发展;对于中度协调的城市(黄石、鄂州、黄冈、咸宁),要逐步控制建设用地的无序扩张,节约建设用地,同时注重生态环境的保护;对于低度协调的城市(孝感、仙桃、潜江、天门),要降低高碳土地利用类型的增长速度,盘活存量的建设用地,注重节约集约用地,引导未利用地和闲置用地向低碳用地类型转变,同时适当增加绿化率,提高土地的固碳能力。

(2)探索低碳土地利用模式,增加碳汇用地。要降低土地利用碳排放量,除了控制碳源之外,还需要保有一定面积的碳汇用地,通过土地利用规划调整用地结构及布局,合理规划和配置各种土地利用类型,充分发挥土地的生态系统服务功能。着重发挥规划的作用,将环境保护、国民经济与社会发展、土地利用等规划进行有效的衔接和融合,实现“多规合一”,能同时为经济发展、环境保护、城市建设、土地利用等方面提供指导。联系各个地区土地利用的自身特点,探寻低碳土地利用的具体实现方式和策略,如建立低碳农业土地利用模式、低碳生态工业园区、紧凑型城市等。在提升土地利用过程中产生的经济价值和社会价值的同时,必须尽量满足生态用地的需求,尤其注重在工业密集区等碳排放强度较高的地区加强生态与环境建设。

(3)增强武汉市对于城市圈内其他城市的带动和辐射作用,推进武汉城市圈土地利用的整体协调发展。利用武汉市交通、市场、科教、人才等方面的优势增强空间溢出及集聚效应,带动周边城市的发展,合理确定各城市的发展定位,推动城市圈内的协调发展,形成均衡的土地资源开发利用格局。加强城市间的交流合作,推进产业的双向转移,加强城市间的产业整合,做好承接产业转移用地保障,形成优势产业集群,调整产业用地结构,促进区域用地布局优化。

## 参 考 文 献

- [1] 李颖,黄贤金,甄峰.江苏省区域不同土地利用方式的碳排放效应分析[J].农业工程学报,2008,24(S2):102-107.
- [2] 张志强.高效利用国土空间与碳排放问题研究[J].宏观经济管理,2012(2):54-55.
- [3] 彭欢.低碳经济视角下我国城市土地利用研究[D].长沙:湖南大学政治与公共管理学院,2010.
- [4] 肖主安,彭欢.我国低碳经济型土地利用模式的路径选择[J].求索,2010(4):85-86.
- [5] 赵荣钦,刘英,郝仕龙,等.低碳土地利用模式研究[J].水土保持研究,2010,17(5):194-198.
- [6] 张旺锋,苏珍贞,解雯娟.基于生态足迹的资源型城市土地利用低碳模式的探求[J].生态经济,2010(11):75-78.
- [7] 李国敏,卢珂.城市土地低碳利用模式的变革及路径[J].中国人口·资源与环境,2010,20(12):66-70.
- [8] 蒲春玲,余慧容.新疆低碳与环境友好型土地利用模式探讨[J].干旱区资源与环境,2011,25(6):39-45.
- [9] 黎孔清,陈银蓉.低碳理念下的南京市土地集约利用评价[J].中国土地科学,2013,27(1):61-66.
- [10] 赖力.中国土地利用的碳排放效应研究[D].南京:南京大学人文地理研究中心,2010.
- [11] 游和远,吴次芳.土地利用的碳排放效率及其低碳优化——基于能源消耗的视角[J].自然资源学报,2010,25(11):65-76.
- [12] 余德贵,吴群.基于碳排放约束的土地利用结构优化模型研究及其应用[J].长江流域资源与环境,2011,20(8):12-18.
- [13] 何国松,贺琳.低碳经济视角下武汉市土地利用结构优化[J].湖北农业科学,2012,51(2):56-59.
- [14] 刘海猛,石培基,王录仓,等.低碳目标导向的兰州市土地利用结构优化研究[J].中国土地科学,2012,26(6):57-63.
- [15] 赵荣钦,黄贤金,钟大洋,等.区域土地利用结构的碳效应评估及低碳优化[J].农业工程学报,2013,29(17):228-237.
- [16] 汤洁,毛子龙,王晨野,等.基于碳平衡的区域土地利用结构优化——以吉林省通榆县为例[J].资源科学,2009,31(1):132-137.
- [17] 赵鹏军,彭建.城市土地高效集约化利用及其评价指标体系[J].资源科学,2001,23(5):23-27.
- [18] 黎孔清.低碳经济导向的区域土地利用评价与结构优化研究[D].武汉:华中农业大学公共管理学院,2013.
- [19] 张俊峰,张安录,董捷.武汉城市圈土地利用效率评价及时空差异分析[J].华东经济管理,2014,28(5):60-64.
- [20] 王凯.区域旅游-经济-环境耦合协调度研究——以山东省为例[D].大连:辽宁师范大学城市与环境学院,2014.
- [21] 刘耀彬,李仁东,宋学锋.中国城市化与生态环境耦合度分析[J].自然资源学报,2005,20(1):105-112.
- [22] 马丽,金凤君,刘毅.中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J].地理学报,2012,67(10):1299-1307.
- [23] 张明斗,莫冬燕.城市土地利用效益与城市化的耦合协调性分析——以东北三省34个地级市为例[J].资源科学,2014,36(1):8-16.
- [24] 邱炳文,王钦敏,陈崇成,等.福建省土地利用多尺度空间自相关分析[J].自然资源学报,2007,22(2):311-320.
- [25] TOBLER W. On the first law of geography: a reply[J]. Annals of the association of American geographers, 2004, 94(2): 304-310.
- [26] 王劲峰,廖一兰,刘鑫,等.空间数据分析教程[M].第2版.北京:科学出版社,2015:101-102.