

黄河流域地级城市土地集约利用效率 与生态福利绩效的耦合性分析

徐维祥, 徐志雄, 刘程军

(浙江工业大学经济学院, 杭州 310023)

摘要: 通过构建包含时间趋势变量的超越对数生产函数形式的随机前沿分析模型, 对黄河流域2008—2017年57个城市的土地集约利用效率与生态福利绩效进行了测度, 借助偏离系数的耦合度模型、马尔科夫链以及地理探测器等方法从市域和省域层面探究了两者耦合度的动态演进规律, 并阐明了耦合机理与驱动机制。研究发现: (1) 各城市的土地集约利用效率稳中有进, 而生态福利绩效却呈波动下降的态势, 两者的耦合度经历了“先降后升”的阶段性演变过程。(2) 大部分省份耦合度的变异系数表现出扩大的倾向, 尚有近1/5的城市属于低发展度低协调度的耦合类型; 耦合度在空间上呈现出“东北—西南”走向的分异格局, 重心整体向西南方向移动, 其类型演变以大概率保持原有类型和向相邻的类型转化为主。(3) 在驱动因子探测中, 经济发展解释力 > 自然条件解释力 > 社会文明解释力; 因子交互作用以双因子增强效应为主, 非线性增强效应为辅, 且社会因子是最主要的交互对象。

关键词: 黄河流域; 土地集约利用效率; 生态福利绩效; 耦合度; 地理探测器; 随机前沿

随着新型城镇化战略的稳步推进, 中国城市建成区面积已由2008年的36295.3 km²增加至2018年的58455.7 km², 年均增幅高达6.1%。而有限土地资源的开发利用效率事关城市经济集约增长的潜力^[1], 影响着城市生态文明建设的进程^[2], 进而反映着居民生态福利绩效的高低。基于此, 在资源约束趋紧、工业发展迅猛、生态环境退化的黄河流域^[3], 深入探讨城市发展过程中土地集约利用效率与生态福利绩效的耦合关系, 揭示两者间的耦合机理与驱动机制, 既是深化落实五大发展理念、促进区域协调发展的现实需要, 也是科学实施黄河流域生态保护和高质量发展战略的内在要求。

土地集约利用, 即在经济社会发展过程中, 通过增加单位土地要素投入、优化土地利用结构等途径, 以提高土地产出效率与经济效益的行为^[4]。多数学者通过构建包含“土地利用强度、土地投入强度、土地产出效益”等在内的多维指标体系^[5,6], 并利用熵值法^[7]、层次分析法^[8]以及综合指标权重^[9]等方法对其水平进行测度。由于指标赋值的主观性会影响到计算结果的精确性, 而基于效率视角的测算所采用的理论与方法相对成熟且更具科学性^[1,10,11], 因此, 少部分学者借助投入产出模型来分析省域层面土地集约利用效率的异质性问题, 并得出经济发展水平、城市化、产业结构均是其重要驱动力的结论^[12]。此外, 不乏也有学者开始关注土地集约利用与生态环境^[13]、碳排放效率^[7]的耦合协调关系。而生态福利绩效是社会福利价值量与生态消耗实物量的比值, 体现的是单位生

收稿日期: 2020-05-06; 修订日期: 2020-11-18

基金项目: 国家社会科学基金重大项目 (18ZDA045)

作者简介: 徐维祥 (1963-), 男, 浙江东阳人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为产业集群与区域发展。

E-mail: xwq02@163.com

态消耗的福利产出^[14]，其度量指标由单位自然耗费所产生的福利水平^[15]过渡到HDI与生态足迹的比值^[16,17]，发展至目前学术界普遍认可的包含环境污染、资源消耗和福利水平的综合体系^[18-20]；研究的范围涉及省域^[14,21]、市域^[20]以及城市群^[22]的尺度；研究内容涵盖生态福利绩效的测度评价^[23]、影响因素^[22]、国别比较^[24]以及空间异质性^[25]等前瞻性问题。

土地集约利用是城市发展的福祉，而将技术效率测算的方法引入和应用于该领域的研究尚且匮乏^[1]。鉴于黄河流域作为崭新的地理单元，学者对其研究处于起步阶段，对生态福利绩效及其与土地的耦合互动关系的挖掘也相对较少。故本文尝试采用随机前沿分析模型对流域57个城市2008—2017年的土地集约利用效率和生态福利绩效进行测度，综合运用耦合度模型、地理探测器等方法对两者耦合度的动态演进及其耦合机制加以剖析，以期各城市高质量协调发展的政策制定提供科学决策依据。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 效率的测算——随机前沿分析

随机前沿分析利用“投入产出”范式能够有效地处理效率问题，该方法基于特定生产函数通过对随机误差项的剥离，使得效率测算结果更为平稳。为此，在 Battese 等^[26]提出的理论模型基础上，本文构建了超越对数函数形式的随机前沿模型来测度土地集约利用效率和生态福利绩效。以土地集约利用效率为例，其生产函数为：

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 t + \frac{1}{2} \beta_4 (\ln K_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_5 (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_6 t^2 + \beta_7 t \ln K_{it} + \beta_8 t \ln L_{it} + \beta_9 \ln L_{it} \ln K_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (1)$$

式中： Y_{it} 表示城市 i 第 t 年的土地产出； K_{it} 和 L_{it} 分别对应一组土地投入要素； t 为时间变量（ $t=1, 2, 3, \dots, T$ ）； $\beta_0 \sim \beta_9$ 为变量弹性系数；复合误差项 ε_{it} 可以划分为相互独立的两部分，即 $\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$ ，在假定 $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ 、 $u_{it} \sim N^+(\mu, \sigma_u^2)$ 的前提下，土地集约利用效率 TE_{it} 和技术无效率项 u_{it} 可以表示为如下形式：

$$TE_{it} = \exp[E(-u_{it}|\varepsilon_{it})] = \exp(-u_{it}) \quad (2)$$

$$u_{it} = u_i \exp[-\eta(t-T)] \quad (3)$$

式中： TE 表示土地集约利用效率值，介于0~1之间，具体数值接近于1，意味着生产几乎完全效率； η 是考虑时变性的待估参数，反映效率变化率的大小。基于最大似然法，可以得出如下参数以此来断定随机前沿函数估计方法的适用性：

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2, \gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2 \quad (4)$$

式中： $\gamma \in [0, 1]$ ，趋向于1则说明实际产出与可能产出的差异来自于技术无效率项，随机前沿分析方法（SFA）更适合测度土地集约利用效率，若 γ 接近于0，则适用于OLS估计。

由于生态福利绩效的测度模型与土地集约利用效率如出一辙，故不加以赘述。

1.1.2 耦合度模型

（1）系统发展模型。相关学者^[27]的研究成果表明：当发展函数满足拟凹性和规模报酬不变的性质时，其遵循柯布道格拉斯生产函数形式：

$$T = \lambda f(x)^\theta g(x)^{1-\theta} \quad (5)$$

其中： T 为土地集约利用效率和生态福利绩效两系统形成的系统发展度； λ 为外生变

量； $f(x)$ 与 $g(x)$ 分别对应两者的效率值； θ 和 $1-\theta$ 表征产出弹性系数，体现两者在总系统中的重要性，鉴于两者处于同等重要的地位，取 $\theta=0.5$ ， $\lambda=1$ ^[28]。

(2) 系统协调模型。采用偏离系数来刻画系统间的协调状况，其中，偏离系数可以表示为：

$$C_v = \frac{\sqrt{\frac{[f(x)-g(x)]^2}{2}}}{\frac{1}{2}[f(x)+g(x)]} = \sqrt{2(1-C)}, C = \frac{4f(x)g(x)}{[f(x)+g(x)]^2} \quad (6)$$

式中： C_v 表征土地集约利用效率与生态福利绩效两系统的平均偏离程度，数值越小说明两者偏差较小，协调性越强； C 为协调度。当 $C_v=0$ 即 $C=1$ 时，意味着 $f(x)=g(x)$ ，此时该地的坐标点位于第一象限角平分线上； $f(x)$ 和 $g(x)$ 发生偏离时，坐标点数列则分布在角平分线的上侧或下侧区域。

(3) 系统耦合模型。耦合是发展与协调的统一，度量了系统间协调度与发展度的综合趋势。为了便于不同研究主体间综合系统的比较，耦合度 D 的计算公式为：

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (7)$$

根据耦合度数值的大小，可以将其划分为不同的类型^[27]（表1）：

表1 耦合度的划分标准及其类型

Table 1 Classification criteria and types of coupling degree

负向耦合（失调衰退）		正向耦合（协调发展）	
D 值	耦合类型	D 值	耦合类型
0.000~0.099	极度失调衰退	0.500~0.599	勉强协调发展
0.100~0.199	严重失调衰退	0.600~0.699	初级协调发展
0.200~0.299	中度失调衰退	0.700~0.799	中级协调发展
0.300~0.399	轻度失调衰退	0.800~0.899	良好协调发展
0.400~0.499	濒临失调衰退	0.900~1.000	优质协调发展

1.1.3 地理探测器

地理探测器是用于探测地理事物空间分异性，揭示其背后驱动因子的一种统计方法，广泛地运用于经济、生态等诸多领域^[29]。本文借助该方法来探索和识别多维因子对耦合度的影响差异，具体公式如下：

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (8)$$

式中： q 为各影响因子对耦合度空间分异的解释程度，该值越大说明解释能力越强； h 表示因子分层的数目（个）； N_h 与 N 为层 h 和整个区域样本数量（个）； σ_h 、 σ^2 代表层 h 和全区域的样本方差。

1.2 投入产出变量的选取

1.2.1 土地集约利用效率指标体系

现有关于土地利用效率的丰硕成果为研究土地集约利用效率奠定了坚实的基础，参考相关学者构建的指标体系^[6-9]，将土地投入强度与土地利用强度两个一级指标作为投入

变量，产出通过经济效益一级指标来衡量（表2）。为了避免生产函数形式过于复杂以及变量间共线性的问题，各一级指标的综合值均由对应的三级指标利用熵值法求得^[28]，这也与随机前沿分析范式的特征相吻合。此外，固定资产投资存量的计算沿用单豪杰^[30]的做法，取折旧率为10.96%；各变量以地均的形式表征以克服城市土地面积差异的影响。

表2 土地集约利用效率投入产出指标体系

Table 2 Input-output evaluation index system of land intensive use efficiency

类别	一级指标	二级指标	三级指标	单位
投入变量	投入强度	劳动从业	地均二三产业从业人员	人/km ²
		资本存量	地均城市固定资产存量	元/km ²
	利用强度	建筑用地	平均建筑密度	%
		居住用地	居住用地占比	%
		道路设施	路网密度	km/km ²
产出变量	经济效益	产业产值	地均二三产业产值	万元/km ²
		零售总额	地均社会消费品零售额	万元/km ²
		财政收入	地均财政收入	万元/km ²

1.2.2 生态福利绩效指标体系

系统梳理现有的研究成果^[18,20,23]，从资源消耗和环境污染维度刻画投入指标，福利产出基于HDI框架从经济、教育和健康的视角选取变量（表3），其计算方法与土地集约利用效率相一致。本文将“环境污染”纳入投入体系可以理解为：福利水平提升过程中所需投入的“环境恶化代价”成本^[31]。鉴于地级市人口预期寿命数据的难以获得性，健康层面指标则由万人卫生技术人员代替^[32]；平均受教育年限的计算公式参照《中国人类发展报告》^①。同样为了减小地域人口因素对结果的影响，投入变量以人均的形式呈现。

表3 生态福利绩效的投入产出指标体系

Table 3 Input-output evaluation index system of ecological well-being performance

类别	一级指标	二级指标	三级指标	单位
投入变量	环境污染	废水排放	人均废水排放量	t/人
		废气排放	人均废气（SO ₂ ）排放量	t/人
		烟尘排放	人均烟粉尘排放量	t/人
	资源消耗	电力消耗	人均用电量	kW·h/人
		水资源消耗	人均用水量	t/人
		土地资源消耗	人均建设用地面积	km ² /人
产出变量	福利水平	经济发展	人均GDP	元
		教育水平	平均受教育年限	年
		健康状况	万人卫生技术人员	人

1.3 研究范围与数据来源

考虑到数据获取的完整性和科学性，将2008—2017年黄河流域57个地级城市作为研究对象，暂未把流经的州、盟等区域纳入评价体系（图1）。所有经济社会统计指标的数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》、EPS数据库以及各地市统计年

① 平均受教育年限 = (6 × P_{小学} + 9 × P_{初中} + 12 × P_{高中} + 16 × P_{大专以上}) / (P_{小学} + P_{初中} + P_{高中} + P_{大专以上})

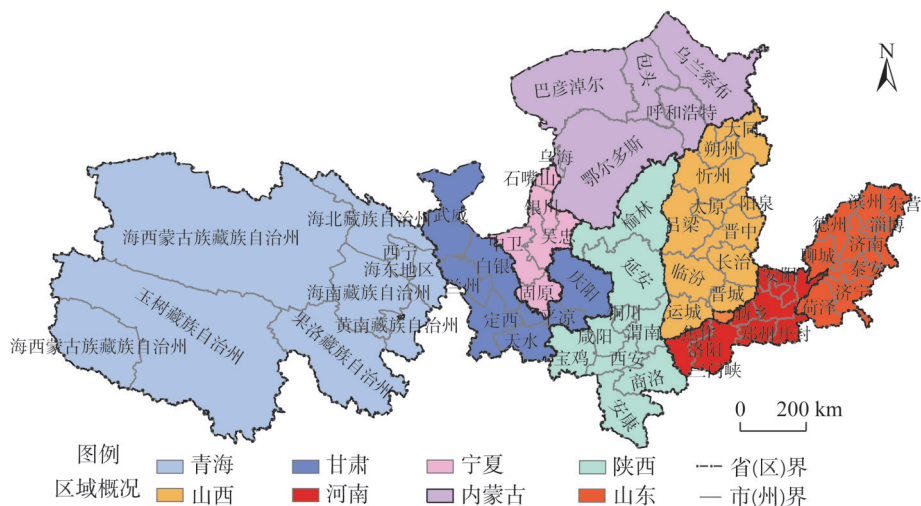


图1 黄河流域地级城市分布

Fig. 1 Overview of cities in the Yellow River Basin

鉴, 海拔高度与河网密度的DEM矢量数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心网站 (<http://www.resdc.cn/Default.aspx>), 对于部分年份指标数据的缺失, 利用插值法进行补齐。

2 结果分析

2.1 实证分析

2.1.1 模型拟合与效率值

(1) 模型拟合状况

采用 SFA 对黄河流域 57 个城市土地集约利用效率和生态福利绩效进行了测度, Frontier 4.1 软件的模型拟合结果显示: 土地集约利用效率的 γ 值为 0.985, 对应的 t 值为 184.342, $LR=1.696 \times 10^3$, 这表明技术无效率项可以解释产出偏差的主要原因, SFA 适用于对该效率的测度; 生态福利绩效的 γ 值为 0.993, 且在 1% 的显著性水平下通过了 t 检验, 这意味着采用包含时间变量的超越对数函数计算生态福利绩效具有合理性。故本文基于 SFA 的测算结果, 选取 2008 年、2012 年以及 2017 年三个时间截面, 借助 ArcGIS 10.2 软件进一步对两者效率值进行可视化处理 (图 2)。

(2) 土地集约利用效率

从图 2a1、图 2b1、图 2c1 可知, 土地集约利用效率基本保持稳定且随着时间推移有小幅度的提升, 随机前沿分析模型时间变量显著为正的回归系数也印证了该事实。从省域层面来看, 山东的土地集约利用效率排序第一, 十年均值水平高达 0.778, 河南 (0.720) 位居其后; 与之形成对比的是, 宁夏的均值最低, 甘肃次之, 省域极差为 0.251。相对于基期而言, 2017 年宁夏、甘肃与陕西均实现了正向增长, 宁夏的增幅 (11.34%) 尤为显著; 而山东、河南、内蒙古、山西的效率值相对稳定中有略微的下降, 这说明初始水平较低的省份拥有较高的增长率, 发展良好的省份效率值逐步收敛。从 57 个城市来看, 逐步形成了以太原、呼和浩特、济南、郑州、西安、兰州、银川为核心的土地集约利用效率第一梯队, 而以固原、中卫、白银、武威为代表的西北环境恶劣城

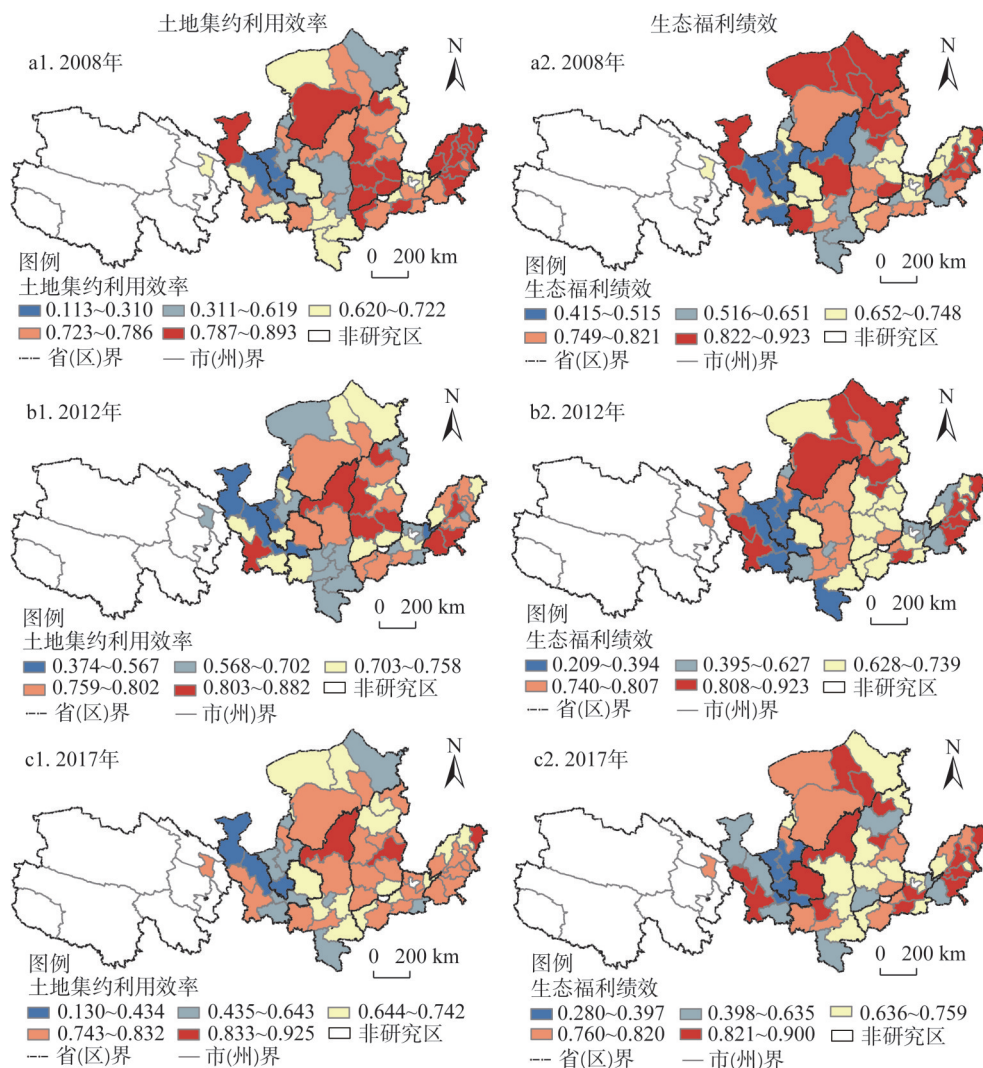


图2 土地集约利用效率与生态福利绩效的时空分布

Fig. 2 The distribution pattern of land intensive use efficiency and ecological well-being performance

市土地集约利用效率偏低；此外，整体“下游优于中游高于上游”的分异格局反映出经济相对发达的中东部地区城市土地利用相对较为合理，因为受人口、经济等因素的影响，城市土地资源的稀缺性促进功能分区的精细化，加之科学技术助推剂的作用使得单位土地面积产生可观的经济效益；反之，西部地区匮乏的水资源、脆弱的生态系统约束着土地资源的深度开发与规模使用，进而制约着土地集约利用水平的提升。

(3) 生态福利绩效

与已有研究保持一致的是57个城市的生态福利绩效整体呈下降态势^[14]，其十年均值水平由基期的0.736下降至2012年的0.687，又逐步提升到2017年的0.733。基于发展的视角而言，相较于2008年的初始水平，有27个城市的生态福利绩效出现了负增长，武威、忻州分别由初始的0.868与0.862下降至末期的0.553和0.619，平凉的下跌幅度超过50%；其余52.6%的城市保持着稳定或小幅增长的态势，其中，榆林、焦作、西宁、咸阳

等城市的增长幅度大于20%。纵观增长和下降的城市地理分布可以发现,生态福利绩效下降明显的城市大多集中在宁夏、甘肃和山西省份,而以省会城市为代表的经济发达区保持稳定或轻微增长。省域层面的生态福利绩效相较于土地集约利用效率发生了细微的变化,内蒙古的十年均值为0.793,效率值最低的宁夏与之相差0.331,山东的生态福利绩效排列第二,甘肃仅次于宁夏。值得注意的是:以2012年为界,生态福利绩效具有“先降后升”的阶段性特征,原因在于产业结构的调整伴随着环保意识的增强,一度“高投入高污染”的发展模式所积累的负面影响开始显现,但在科学发展观、生态文明等宏观调控政策的倒逼下生态福利绩效略有提高。

2.1.2 土地集约利用效率与生态福利绩效耦合度的动态演进

(1) 耦合度的时序变化

图3描绘了57个城市历年土地集约利用效率与生态福利绩效发展度、偏差系数以及耦合度均值的演变过程。从宏观层面来看,区域整体耦合度保持较高的水平,但在总体稳定的状态下仍表现出先下降后上升的发展趋势。具体实例为:耦合度从2008年的0.838下降至2012年的0.822,继而波动上升至2017年的0.842,其最低值出现在2013年。造成这一现状的原因是不同城市两系统综合效率值具有明显的波动性,在一定程度上也与生态福利绩效的阶段性特征相关联。针对历年发展度而言,最高值0.736出现在2011年,2015年以0.673的数值位居最低点;与此同时,相较于初始值,2017年的增幅为0.40%,这从侧面揭示出发展度演变的稳定性,其始终围绕着均值上下波动。关于偏离系数,柱状图反馈出2013年差异达到最大值0.201,该年份前后相反的演变规律意味着两系统协调度经历了先降后升的变动过程。总而言之,波动幅度较小的发展度和协调度形成了较为稳定的耦合度。鉴于土地集约利用效率和生态福利绩效均为低值时会产生较高的协调度,进而影响耦合度数值,为明晰各城市耦合度背后两系统的动态分布运作状况,故在后续的分析中对57个城市耦合度的发展特征加以分类。

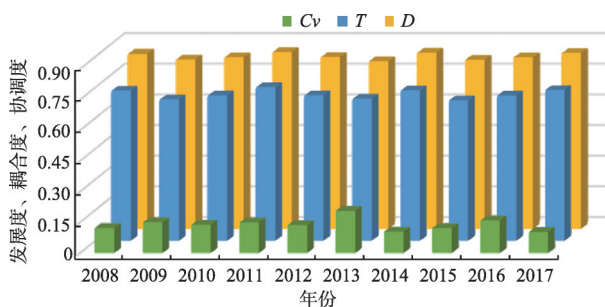


图3 历年发展度、协调度、耦合度的均值变化

Fig. 3 The average changes of development degree, coordination degree and coupling degree

成这一现状的原因是不同城市两系统综合效率值具有明显的波动性,在一定程度上也与生态福利绩效的阶段性特征相关联。针对历年发展度而言,最高值0.736出现在2011年,2015年以0.673的数值位居最低点;与此同时,相较于初始值,2017年的增幅为0.40%,这从侧面揭示出发展度演变的稳定性,其始终围绕着均值上下波动。关于偏离系数,柱状图反馈出2013年差异达到最大值0.201,该年份前后相反的演变规律意味着两系统协调度经历了先降后升的变动过程。总而言之,波动幅度较小的发展度和协调度形成了较为稳定的耦合度。鉴于土地集约利用效率和生态福利绩效均为低值时会产生较高的协调度,进而影响耦合度数值,为明晰各城市耦合度背后两系统的动态分布运作状况,故在后续的分析中对57个城市耦合度的发展特征加以分类。

(2) 市域层面耦合度的发展特征

基于分布动态学框架,参考周迪^[33]的做法,根据各城市发展度、协调度与当年平均值的对比状况,将耦合度的发展特征划分为四大类型:高发展度高协调度的耦合(A类型)、高发展度低协调度的耦合(B类型)、低发展度高协调度的耦合(C类型)以及低发展度低协调度的耦合(D类型)。

图4呈现了2008年、2012年和2017年的耦合度发展特征矢量图,从图中可以看出:A类型的城市数量由2008年的32个上升至2012年的34个,2017年又回落至32个,以上城市主体分布在省会及其山西、山东、河南等省内经济相对发达的地区。B类型的城市2012年相较于2008年的6个下降了2个,截至2017年还有大同、包头、巴彦淖尔、泰安、咸阳、庆阳位于该类型,尽管这些城市土地集约利用效率和生态福利绩效均高于均

值水平,但某一系统的相对滞后使得偏离系数较大。2008年有9个城市处于C类型,且该类型所含城市逐渐减少,到2017年只有7个,这些城市的主要特征表现为:土地集约利用效率和生态福利绩效值低于平均值,但两者偏差较小。发展度较低且偏差较大的D类型城市研究初期有10个,末期12个,2012年有11个,而该类型大多分布在甘肃和宁夏省份,长期包含菏泽、白银、平凉、吴忠、固原、中卫等经济实力略显逊色的城市。其中,白银和固原表现为土地系统的滞后,其余城市则为生态系统相对滞后。

(3) 省域层面耦合度的差异变化

为从省域层面探究各省耦合度的差异状况,通过城市与省份的匹配,借助变异系数公式^[34]计算出逐年省际差异值并绘制成图5所示的分布图。其中,越小的变异系数意味着某一省份城市间的耦合度存在缩小的趋势,由于青海省只涉及西宁单个城市,暂未将其考虑在内。

从图5可以发现,黄河流域城市间耦合度发展不均衡,大部分省份的变异系数具有波动扩大的特征。具体而言,宁夏的变异系数最大,均值高

达0.258;甘肃次之,但其数值由2008年的0.240下降至2017年的0.174,这可以从经济发展水平和地理区位中得以解释。两个省(自治区)均地处西北地区,自然条件较为恶劣,都形成了以省会城市为代表的高值单极发展模式,且区域内部发展不同步,多数城市位于低发展度低协调度的类型,这也与上述耦合度的发展特征相佐证。其他省份耦合度的变异系数存在不同程度的扩大。其中,内蒙古和陕西的差异值总体表现为略微的上升,但波动幅度明显,这归因于部分年份乌海、安康等城市出现了相对低值;耦合状况属于中等水平的山西,城市发展类型的调整变化使得省域层面的差异稳中有升;而河南、山东的变异系数均值较小,分别为0.038和0.051,原因是这两省所属中东部地区,高度的人口集聚、发达的工业体系以及周边的辐射带动促进了该局面的形成,差异的上升在于以濮阳、菏泽为代表的实力不强劲的城市与其他城市存在直观的差距。

(4) 耦合度转移的马尔科夫链

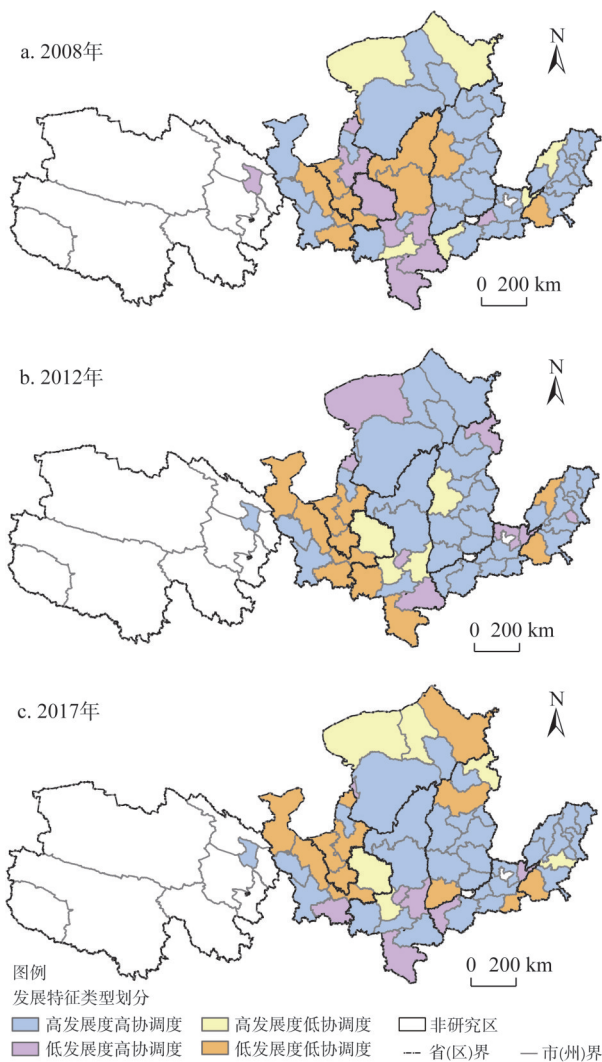


图4 耦合度的发展特征

Fig. 4 Development characteristics of coupling degree

2012年主对角线左下方的概率数值高于右上方，但2013—2017年与之相反，这也意味着前5年各城市耦合度类型的变动具有衰退的特征，而后5年呈现出提升的态势，与耦合度先下降后上升的演变规律相一致。

(5) 耦合度的标准差椭圆

为从区域发展层面探究土地集约利用效率和生态福利绩效耦合度的中心性、延展性以及方向性，借助 ArcGIS 10.2 软件生成 2008 年、2012 年以及 2017 年耦合度的标准差椭圆，表 5 呈现了具体的属性数据。椭圆面积由 2008 年的 536065.155 km²逐步下降到 2017 年的 532596.370 km²，这表明耦合度的空间分布格局呈现出集聚的态势，此外先缩小后增大的扁率也意味着 2017 年的耦合度比 2008 年方向趋势更显著。就重心的变动轨迹而言，研究期内重心整体落在临汾附近，且随时间变化略微向西南方向移动，既证实了耦合度相对稳定的特征，也揭示了其区域层面发展的不平衡，即自东向西依次递减的演变规律。从空间旋转角的动态变化来看，2012 年与 2017 年的角度相较于 2008 年的 88.170°分别上升 0.010°和下降 0.404°，生成的椭圆基本呈“东北—西南”走向，说明两系统耦合度具有东北西南走向的分异格局；此外，接近 90°的旋转角也反映出在空间分异格局中东西方向的影响占主导地位，原因在于山东半岛城市群、中原城市群、关中城市群总体拥有较强的经济实力，协同发展对周边城市的辐射带动作用明显，而基于重心的移动方向大致可以判断，关中城市群的外溢效应正在逐步增强。

表 5 标准差椭圆结果分析
Table 5 The results of standard deviation ellipse analysis

年份	椭圆面积/km ²	椭圆周长/km	重心经度/°E	重心纬度/°N	X轴标准差	Y轴标准差	旋转角/(°)
2008	536065.155	2702.850	111.155	36.812	326.676	522.372	88.170
2012	533069.369	2693.108	111.144	36.828	326.544	519.663	88.180
2017	532596.370	2697.379	111.123	36.799	324.456	522.544	87.766

2.2 驱动机制与耦合机理

2.2.1 变量选取

为了进一步探讨黄河流域地级城市的空间异质性对土地集约利用效率与生态福利绩效耦合度的作用状况，在借鉴相关学者的研究成果基础上^[12,14,20,23]，遵循黄河流域自身发展特点与数据可获取性等原则，本文从自然、社会和经济三个维度选取了 9 个因子，借助 ArcGIS 的自然断点法将各因素进行了五分法的离散化处理，并运用 GeoDetector 软件来探测各要素因子对耦合度的影响作用强弱及其交互作用。其中，自然条件层面涉及反映地形的海拔高度（X1）、决定城市发展模式的河网密度（X2）以及体现环境承载力的人口密度（X3）三个变量；经济发展维度选取的变量为对外开放（X4）、城市化率（X5）和工业基础（X6），以上指标分别由当年实际使用外资金额、城镇人口在总人口中的占比、地区工业增加值进行表征；社会文明则是由城市绿化面积、科技支出占财政总支出的比例以及各城市财政支出在省级财政支出中的占比衡量的绿化程度（X7）、科技创新（X8）、财政分权（X9）予以表示。

2.2.2 耦合度的驱动机制

表 6 展现了 2008—2017 年地理探测器对各主导因子及其交互作用的 *q* 值测算结果。总体而言，经济发展、社会文明与自然条件的差异是造成各城市耦合度异质性的 3 种驱动力，且经济发展解释力 > 自然条件解释力 > 社会文明解释力，基于 *q* 值的大小并结合

图6对耦合度的驱动机理进行如下阐明。

经济发展是主导。城市化率的解释程度最高（0.375），对外开放和工业化程度的解释力分别排序第二和第四。具体因为：平稳推进的城市化会使得资金流、物质流、人才流向城市汇集，表现为人口集聚效应和发展规模效应，而人口集聚会促进稀缺土地资源的合理开发与集约利用，规模化发展必将对公共基础设施和人居环境质量提出更高的要求^[36]，故城市化有助于实现土地集约与生态福利双赢的目标，以相对协调发展助推高质量耦合。适当的对外开放水平不仅可以使本市获得外商资金的大力支持，还可以将“两型”企业“引进来”，随着先进管理经验的引入，新技术的外溢扩散，绿色规模化运营将成为发展的主旋律，这也会促进城市土地经济产出和生态福利绩效逐步提升^[23]，因此对外开放能够基于产业链条在优化两系统发展度的同时提升耦合度。在调结构促转型的背景下，降低第二产业比例，加快第三产业的发展能够调整土地利用结构，改善居

表6 各变量因子探测及其交互作用 q 值
Table 6 The q value of factors detection and their interaction

探测因子	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
X1	0.202								
X2	0.541	0.080							
X3	0.403	0.492	0.234						
X4	0.440	0.392	0.422	0.278					
X5	0.758	0.466	0.626	0.676	0.375				
X6	0.573	0.382	0.440	0.375	0.632	0.212			
X7	0.384	0.301	0.327	0.328	0.635	0.269	0.181		
X8	0.496	0.452	0.472	0.396	0.582	0.315	0.384	0.147	
X9	0.523	0.463	0.444	0.479	0.551	0.569	0.564	0.483	0.106

注：加粗的数值代表因子交互后两者产生非线性增强的效应。

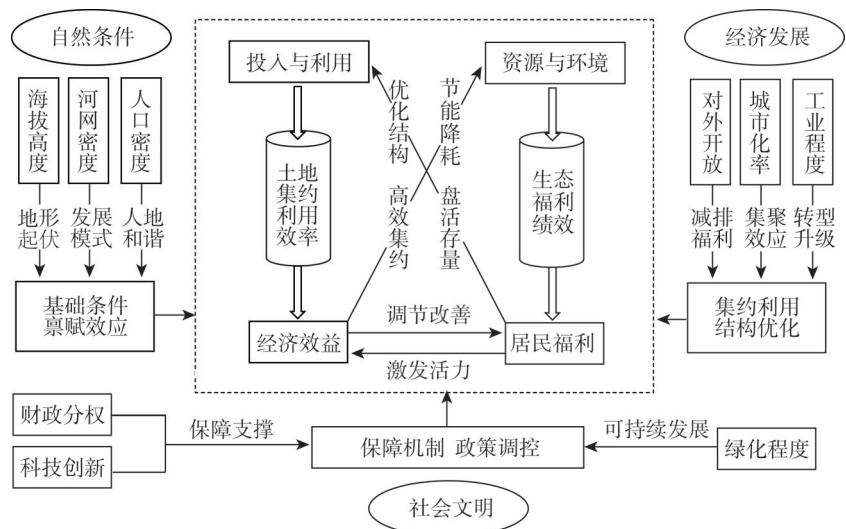


图6 土地集约利用效率与生态福利绩效的耦合机理与驱动机制

Fig. 6 Coupling mechanism and driving factors of land intensive use efficiency and ecological well-being performance

民生态福祉状况^[20],但黄河流域部分城市以“三高”为特征的工业发展模式与有限的水资源和脆弱的生态环境之间的矛盾也日益尖锐。由此可知,工业化程度提高了城市土地产出效率却抑制了生态福利绩效的改善,两者偏离系数的增大将对耦合度产生阻碍作用。

自然条件是基础。海拔高度可以解释耦合度差异原因的20.20%,河网密度对耦合度的影响系数偏低,但两者作为城市赖以形成的前提与基础,都可以通过禀赋效应对不同区域产生异质性影响。自西向东呈三级阶梯状递减的地势分布特征造就了黄河流域上中下游地理条件的显著差异,其中,海拔高度直接关乎着城市可有效利用土地资源的多寡,河网密度约束着城市动态演进的轨迹方向。处于条件劣势的城市受经济实力、开发技术的限制,土地集约利用效率无疑将稍显逊色;此外,城市带状发展模式制约着交通通达性,这不利于公共基础设施的共享与生活质量的改善;而初始条件相对优越的城市在开发利用期间可能引发资源的诅咒效应^[12],同时以点带面的城市发展模式也面临着投入和产出间“数量”与“质量”关系的权衡,由此,较为稳定的海拔高度和河网密度共同决定的禀赋条件加剧了不同城市间两系统的偏离,对整体耦合度产生负向影响。目前大多数城市的人口密度处于较高水准,省会城市尤为突出,这种现象既会增加土地承载力进而产生拥挤成本,也会使城市现有的资源能源消耗处于高负荷运转状态^[22],可见该指标平衡了两系统的协调但降低了各自发展水平,总体上有碍于耦合度的改善。

社会文明是保障。绿化程度的 q 值为0.181,科技创新与财政分权对耦合度的解释力紧随其后,这是因为绿化面积的增加可以为居民提供广阔的休闲娱乐场所,人居生态环境质量的改善对提高市民生活福祉和健康寿命均有重要的影响^[14];此外,既定的绿化程度约束在一定程度上能够发挥倒逼作用,促进闲置土地的盘活开发与其他土地的集约化使用,因此绿化程度通过优化两者发展度与协调度来巩固耦合度。科技创新改变着要素的投入组合,并引导着产业的转型升级,在“五大发展理念”的引领下,企业绿色生产效率的提高无疑将减少生态福利绩效的非期望产出;而经济发展的内生驱动和科技创新能力的逐步提升,必然会催生各类资源的高效率利用,土地集约利用效率也不例外,且其对耦合度的影响机制与绿化程度变量大体相近。在实现政府职能转变与绿色高质量发展的征程中,中央层面已将目标考核和环保考核同时纳入官员评价体系,较高的财政支出分权可以明确财政实施方向,打破“唯GDP论”的怪圈,进而督促政府重视环境治理工作与发展绿色环保产业。最终结果也将赋予土地更多崭新的要素投入,为降低两系统偏差、推动高层次发展与耦合注入长久保障动力。

就不同因子共同作用而言,36组交互项中有23组变量交互后产生“ $1+1>2$ ”的非线性增强效应。其中,所有变量与财政分权相结合的 q 值明显高于两变量单独作用的 q 值之和,这说明政府行为在土地和生态两系统的发展及耦合中扮演着至关重要的作用。此外,有6组变量分别与科技创新和城市化交互后产生该效应,且城市化与海拔高度交互的 q 值高达0.758,这也从侧面揭示出:虽然社会发展因子在单因子探测中的解释力弱于经济发展要素,但是在共同作用时却是最主要的交互对象。至于自然条件维度,尽管河网密度单因子作用时的解释程度较低,但与其交互后具有同样效应的有7组变量,海拔高度有5组,足以可见它们在影响耦合度中的基础地位。剩余36.11%的交互项呈现出双因子增强效应,也即交互作用后的数值大于两个因素中的最大值,该效应集中体现在人口密度和对外开放两个变量上。由于土地和生态作为城市内部复杂的两系统,效率的高低是多因素共同作用的结果,故变量交互作用显著高于因子单独作用。

2.2.3 耦合机理

城市土地集约利用效率与生态福利绩效的耦合关系是指在自然条件、社会文明以及经济发展等因素的驱动下,两系统通过相互作用以达到优化全局、共同促进的一种状态。基于两者的内涵分析可知:一方面,逐步提升的土地集约利用效率会改善城市的生态福利绩效。作为物质生产资料的土地资源具有稀缺性,而城市的繁荣加剧了这种有限资源供给与过度膨胀需求之间的矛盾,结果将使城市沿着立体集聚的方向发展;随着单位土地上劳动、资本等要素投入强度的日益增大,平均容积率与道路密度也得以提升,这会促使土地处于高度集约的利用状态并产生显著的经济效益。而此后,土地集约利用的经济产出将表现为双重作用:从长期来看,高质量的发展必然要求资源的高效率利用,技术创新的杠杆可以减少污染排放,环保投入的增加能够改善人居环境质量,产业的转型升级将会助推“两型”社会建设,而这均有助于优化生态福利绩效的投入指标;同时,经济实力的增强能够有效解决广大市民所关心的医疗、教育等问题,这些条件设施的完善将极大提升居民的幸福感和福祉水平。因此,土地集约利用效率具有生态福利效应。

另一方面,生态福利绩效的提升将对土地集约利用效率产生正向反馈。在经济、社会、生态三者实现良好发展的环境下,获取原本同样福利水平所需付出的成本代价降低,一定程度上意味着资源环境的可持续性增强;而这种可持续利用也赋予了闲置荒芜土地重新开发的机会,通过现有资源的盘活和精细化的管理,土地效率会大幅提升。另外,当人民物质条件、健康状况、教育程度得到保障时,后顾之忧的消除不仅有助于消费潜能的极大释放,而且还表现为追求更高的生活福祉,前者会推动社会经济的稳步前行,实现经济高质量增长,后者将倒逼城市内部空间结构的优化,促使政府采用“旧城改造”、低效企业为高新技术项目“腾笼换鸟”等土地集约利用方式,来达到“人—地—城”和谐发展的局面。在此期间,HDI福利框架下居民拥有良好的教育水平,而高素质人才的加入提高了从业人员的数量与质量,也为土地集约开发注入了无限潜能。由此,土地集约利用效率与生态福利绩效形成了一个良性的循环累积因果链,两者相辅相成、层层联动,为城市高质量发展提供强大动力。

3 结论与讨论

3.1 结论

通过上述分析与探讨,本文得出如下重要结论:

(1) 黄河流域地级城市土地集约利用效率基本保持稳定且随时间的推移有小幅度的提升,已逐步形成以省会城市为核心的土地利用效率第一梯队;而57个城市的生态福利绩效总体表现出下降的态势,以2012年为界,前后五年呈现出相反的变动趋势,这也决定着耦合度“先下降后上升”演变规律的形成。

(2) 超过一半的城市实现了相对发展与协调统一,但仍有近1/5的城市属于低发展度低协调度的耦合类型;大部分省份耦合度的变异系数具有波动扩大的趋势,其类型演变总体上以保持原有类型和向相邻的类型转化为主;57个城市的耦合度具有“东北—西南”走向的空间分布格局,重心整体向西南方向移动。

(3) 在耦合度的驱动作用中,经济发展解释力>自然条件解释力>社会文明解释力;各因子的交互作用呈现出“1+1>2”的互补增强效应和双因子增强效应,且以前者

为主后者为辅;尽管社会发展因子在单因子探测中的解释力弱于经济和自然要素,但在共同作用时却是最主要的交互对象。

3.2 讨论

结合以上结论与黄河流域现实状况,提出促进城市土地与生态深度耦合的政策建议:

(1)以高质量发展战略为契机,优化城市土地资源利用结构,创新绿色可持续发展新模式。受地理条件和土地资源禀赋等因素的限制,各城市应因地制宜地盘活现有土地存量,开发闲置低效土地,促进土地资源的集约高效利用。与此同时,深入践行“绿水青山就是金山银山”理念,做到经济与生态两不误,努力为市民提供一种物质生活富足、精神生活优质的生产生活环境,以此增强居民的福祉水平。

(2)以五大发展理念为引领,完善对点帮扶建设体制机制,发挥城市间的协同效应和辐射作用。同一省份内部的城市建立对点帮扶合作关系,通过学习模范、以强带弱,实现城市间的优势互补和耦合度的提升;就整个区域而言,西北省份的城市抓住“一带一路”建设机遇,繁荣经济的同时兼顾民生福祉的改善;黄河中游城市应优化产业结构,完善社会保障体系,以此助推土地集约利用效率与生态福利绩效的深度耦合;下游城市充分发挥了辐射带动作用,在探索创新发展新理念的同时实现经济、社会、民生与生态的多赢。

(3)以全面耦合协调为导向,培育新型经济发展增长极,释放社会保障机制高动能。经济因素主导着耦合度的发展,各城市在优化产业结构、扩大对外开放的过程中,依托科技创新手段挖掘自身特色寻找经济潜在增长点,通过潜能的释放推动耦合度的高级跃迁;社会因子具有极佳的交互作用,57个城市应深化打造“服务型政府”的改革,制定与完善社会发展利好政策,解民之难排民之忧,以其支撑作用助推全方位多层次的耦合协调。

本文尝试借助SFA模型对黄河流域地级城市土地集约利用效率与生态福利绩效进行测度,计算所得的效率值是针对区域而言的相对值并非实际绝对值,后续市域层面的类型划分、省域层面的差异演变、马尔科夫转移链等内容均是基于相对值展开,结果在一定程度上受到城市耦合发展不平衡的影响,因此,多方法对比分析、精细化分流域研究也是值得进一步探讨的方向。

参考文献(References):

- [1] 王向东,刘小茜,裴韬,等.基于技术效率测算的京津冀城市土地集约利用潜力评价.地理学报,2019,74(9): 1853-1865. [WANG X D, LIU X Q, PEI T, et al. Potential evaluation of urban land intensive use in Beijing-Tianjin-Hebei region based on measurement of technical efficiency. Acta Geographica Sinica, 2019, 74 (9): 1853-1865.]
- [2] 王镞,唐茂钢.土地城市化如何影响生态环境质量:基于动态最优化和空间自适应半参数模型的分析.经济研究,2019,54(3): 72-85. [WANG D, TANG M G. How does land urbanization affect ecological environment quality: Analysis based on dynamic optimization and spatially adaptive semi-parametric model. Economic Research, 2019, 54 (3): 72-85.]
- [3] 金凤君.黄河流域生态保护与高质量发展的协调推进策略.改革,2019,(11): 33-39. [JIN F J. Coordinated promotion strategy of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin. Reform, 2019, (11): 33-39.]
- [4] 朱庆莹,陈银蓉,胡伟艳,等.中国土地集约利用与区域生态效率耦合协调度时空格局.农业工程学报,2020,36(4): 234-243. [ZHU Q Y, CHEN Y R, HU W Y, et al. Spatiotemporal pattern of coupling coordination degree between land intensive use and regional ecological efficiency in China. Transactions of the CSAE, 2020, 36(4): 234-243.]
- [5] 范建双,任逸蓉.违法用地对土地可持续集约利用的影响机制及效应研究.中国土地科学,2018,32(3): 52-58. [FAN J S, REN Y R. The mechanism and effect of illegal land use on sustainable and intensive land use. Chinese Land Sci-

- ence, 2018, 32(3): 52-58.]
- [6] 尹旭, 李裕瑞, 袁涛, 等. 镇域经济发展与土地集约利用水平综合测度及其关联特征分析: 以江苏省 109 个抽样乡镇为例. 自然资源学报, 2020, 35(3): 614-625. [YIN X, LI Y R, YUAN T, et al. Quantitative measurement of economic development and land use intensity and their correlation characteristics in 109 sampled towns of Jiangsu province. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(3): 614-625.]
- [7] 周璟茹, 赵华甫, 吴金华. 关中城市群土地集约利用与碳排放关系演化特征研究. 中国土地科学, 2017, 31(11): 55-61, 72. [ZHOU J R, ZHAO H F, WU J H. Study on relationship and evolution characteristics of intensive land-use and urban emission of Guanzhong Urban Agglomeration. *Chinese Land Science*, 2017, 31(11): 55-61, 72.]
- [8] 董捷, 陈星, 张安录. 基于“三生”功能的长江中游城市群土地集约利用空间差异研究. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2017, (6): 110-117, 152. [DONG J, CHEN X, ZHANG A L. Research on the spatial difference in land intensive use based on the function of production-ecology-living spaces in urban agglomeration in the Middle Reaches of the Yangtze River. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2017, (6): 110-117, 152.]
- [9] 赵丹丹, 胡业翠. 土地集约利用与城市化相互作用的定量研究: 以中国三大城市群为例. 地理研究, 2016, 35(11): 2105-2115. [ZHAO D D, HU Y C. Quantitative study of the interaction between intensive land use and urbanization in three urban agglomerations of China. *Geographical Research*, 2016, 35(11): 2105-2115.]
- [10] LU X H, KUANG B, LI J. Regional difference decomposition and policy implications of China's urban land use efficiency under the environmental restriction. *Habitat International*, 2018, 77: 32-39.
- [11] CUI X G, FANG C L, WANG Z B, et al. Spatial relationship of high-speed transportation construction and land-use efficiency and its mechanism: Case study of Shandong Peninsula Urban Agglomeration. *Journal of Geographical Sciences*, 2019, 29(4): 549-562.
- [12] 万娟娟, 陈璇. 土地发展权视域下中国城市土地集约利用效率空间格局及溢出效应. 经济地理, 2018, 38(6): 160-167. [WAN J J, CHEN X. Spatial pattern and spillover effect of urban land intensive use efficiency from the perspective of land development rights. *Economic Geography*, 2018, 38(6): 160-167.]
- [13] 陈莹, 吴秀兰. 土地集约利用与生态效率的耦合协调发展研究. 长江流域资源与环境, 2019, 28(5): 1025-1035. [CHEN Y, WU X L. Coupling and coordinated development of land intensive use and ecological efficiency. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(5): 1025-1035.]
- [14] 李成宇, 张士强, 张伟, 等. 中国省际生态福利绩效测算及影响因素研究. 地理科学, 2019, 39(12): 1875-1883. [LI C Y, ZHANG S Q, ZHANG W, et al. Measurement and influencing factors of inter-provincial ecological well-being performance in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2019, 39 (12): 1875-1883.]
- [15] DALY H E. A further critique of growth economics. *Ecological Economics*, 2013, 88: 20-24.
- [16] UNDP. Human Development Report 1990: Concept and Measurement of Human Development. Oxford: Oxford University Press, 1990: 15-18.
- [17] REES W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2): 121-130.
- [18] 龙亮军, 王霞. 上海市生态福利绩效评价研究. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(2): 84-92. [LONG L J, WANG X. A study on Shanghai's ecological well-being performance. *China Population, Resources and Environment*, 2017, 27(2): 84-92.]
- [19] 龙亮军. 基于两阶段 Super-NSBM 模型的城市生态福利绩效评价研究. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(7): 1-10. [LONG L J. Evaluation of urban ecological well-being performance of Chinese major cities based on two-stage super-efficiency network SBM Model. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(7): 1-10.]
- [20] 龙亮军, 王霞, 郭兵. 基于改进 DEA 模型的城市生态福利绩效评价研究: 以我国 35 个大中城市为例. 自然资源学报, 2017, 32(4): 595-605. [LONG L J, WANG X, GUO B. Evaluation of urban ecological well-being performance based on revised DEA model: A case study of 35 major cities in China. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32 (4): 595-605.]
- [21] 钟水映, 冯英杰. 中国省际间绿色发展福利测量与评价. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(9): 196-204. [ZHONG S Y, FENG Y J. Green development welfare measurement and evaluation among China's provinces. *China Population, Resources and Environment*, 2017, 27(9): 196-204.]
- [22] 孟雪, 狄乾斌, 季建文. 京津冀城市群生态福利绩效水平测度及影响因素. 经济地理, 2020, 40(1): 181-186, 225.

- [MENG X, DI Q B, JI J W. Measurement on the level of the urban ecological performance and analysis of influential factors in Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration. *Economic Geography*, 2020, 40(1): 181-186, 225.]
- [23] 方时姣, 肖权. 中国区域生态福利绩效水平及其空间效应研究. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(3): 1-10. [FANG S J, XIAO Q. Research on regional ecological well-being performance and spatial effect in China. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(3): 1-10.]
- [24] 龙亮军. 综合福利视角下中国生态文明建设绩效评价及国际比较. *自然资源学报*, 2019, 34(6): 1259-1272. [LONG L J. Evaluation of ecological civilization construction performance and its international comparison from the perspective of overall well-being. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(6): 1259-1272.]
- [25] 杜慧彬, 黄立军, 张辰, 等. 中国省级生态福利绩效区域差异性分解和收敛性研究. *生态经济*, 2019, 35(3): 187-193. [DU H B, HUANG L J, ZHANG C, et al. Research on the regional difference decomposition and convergence mechanism of ecological well-being performance. *Ecological Economics*, 2019, 35(3): 187-193.]
- [26] BATTESE G E, COELLI T J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 1992, 3(6): 153-169.
- [27] 逯进, 周惠民. 中国省域人力资本与经济增长耦合关系的实证分析. *数量经济技术经济研究*, 2013, 30(9): 3-19, 36. [LU J, ZHOU H M. Empirical analysis of the coupling relationship between human capital and economic growth in Chinese province. *use efficiency in China. The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2013, 30(9): 3-19, 36.]
- [28] 肖黎明, 张仙鹏. 强可持续理念下绿色创新效率与生态福利绩效耦合协调的时空特征. *自然资源学报*, 2019, 34(2): 312-324. [XIAO L M, ZHANG X P. Spatio-temporal characteristics of coupling coordination between green innovation efficiency and ecological welfare performance under the concept of strong sustainability. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(2): 312-324.]
- [29] WANG J F, LI X H, CHRISTAKOS G, et al. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun Region, China. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010, 24(1): 107-127.
- [30] 单豪杰. 中国资本存量K的再估算: 1952—2006年. *数量经济技术经济研究*, 2008, 25(10): 17-31. [SHAN H J. Estimating the capital stock of China: 1952-2006. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2008, 25(10): 17-31.]
- [31] 龙亮军. 中国主要城市生态福利绩效评价研究: 基于PCA-DEA方法和Malmquist指数的实证分析. *经济问题探索*, 2019, (2): 69-79. [LONG L J. Measurement and evaluation of urban ecological well-being performance of 35 major cities in China based on PCA-DEA and Malmquist index method. *Inquiry into Economic Issues*, 2019, (2): 69-79.]
- [32] 田建国, 庄贵阳, 朱庄瑞. 新时代中国人类福祉的理论框架和测量. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(12): 9-18. [TIAN J G, ZHUANG G Y, ZHU Z R. Theoretical framework and measurement of human well-being in the New Era of China. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(12): 9-18.]
- [33] 周迪, 王雪芹. 中国碳排放效率与产业结构升级的耦合度及耦合路径. *自然资源学报*, 2019, 34(11): 2305-2316. [ZHOU D, WANG X Q. Research on coupling degree and coupling path between China's carbon emission efficiency and industrial structure upgrade. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(11): 2305-2316.]
- [34] 张改素, 魏建飞, 丁志伟. 中国镇域工业化和城镇化综合水平的空间格局特征及其影响因素. *地理研究*, 2020, 39(3): 627-650. [ZHANG G S, WEI J F, DING Z W. Spatial pattern and its influencing factors of industrialization-urbanization comprehensive level in China at town level. *Geographical Research*, 2020, 39(3): 627-650.]
- [35] 蒲英霞, 马荣华, 葛莹, 等. 基于空间马尔可夫链的江苏区域趋同时空演变. *地理学报*, 2005, 60(5): 817-826. [PU Y X, MA R H, GE Y, et al. Spatial-temporal dynamics of Jiangsu regional convergence with Spatial Markov chains approach. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(5): 817-826.]
- [36] 张红凤, 曲衍波. 我国城镇化发展与土地集约利用的时空耦合及调控格局. *经济理论与经济管理*, 2018, 38(10): 44-54. [ZHANG H F, QU Y B. Spatio-temporal coupling and regulation pattern of land intensive use and urbanization development. *Economic Theory and Business Management*, 2018, 38(10): 44-54.]

Coupling analysis of land intensive use efficiency and ecological well-being performance of cities in the Yellow River Basin

XU Wei-xiang, XU Zhi-xiong, LIU Cheng-jun

(School of Economics, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Correctly handling the relationship between land intensive use efficiency and ecological well-being performance is a special essential prerequisite for promoting ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin. Based on the stochastic frontier analysis model in the form of a translog production function that includes a time trend variable, we measure the land intensive use efficiency and ecological welfare performance of 57 cities in the Yellow River Basin from 2008 to 2017. With the help of a coupling model, distribution dynamic theory and geographical detector tools, in the perspective of cities and provincial levels, the dynamic evolution of the coupling degree between them is described, and the coupling mechanism and driving factors are clarified. The results show that: (1) The land intensive use efficiency of 57 cities has basically remained stable and improved slightly over time, provincial capital cities have gradually formed the first echelon of land intensive use efficiency, but the ecological welfare performance has shown a trend of declining fluctuations. The degree of coupling keeps a high level, taking 2012 as the boundary, it has undergone the evolution process of "decline-rise". (2) The degree of coupling development between cities is uneven, because the coefficient of variation of most provinces is increasing, nearly one fifth of the cities belong to the type of "low level coupling" with low development degree and low coordination degree, although more than half of the cities have achieved the relative synchronization between development and coordination. What's more, the degree of coupling generally presents a spatially differentiated pattern of "northeast-southwest", the center of gravity moves to the southwest as a whole, and its evolution is mainly to maintain the original type and transform to adjacent types. (3) As for the driving factors, the explanatory power of economic dimensions speak louder than that of the natural and social dimensions, that is to say, economies are the leading factors of coupling degree, while social factors and natural factors play roles of support and foundation respectively. The interaction between factors shows the two-factor enhancement and non-linear enhancement effects, and social factors are the main interaction objects.

Keywords: Yellow River Basin; land intensive use efficiency; ecological well-being performance; degree of coupling; geographical detector; stochastic frontier analysis