



黄河流域收缩城市“三生”功能耦合协调分析

雷敏¹,江星月¹,王蓉²,郑清¹,刘虹¹,崔秋雨¹

(1. 西北大学 城市与环境学院,陕西 西安 710127;2. 云南广成工程建设有限公司,云南 保山 678000)

摘要 利用第五、第六和第七次全国人口普查资料对黄河流域的收缩城市进行识别并测算其收缩强度,借助多指标综合评价法、耦合协调度模型分析2010年、2015年和2020年收缩城市的“三生”功能大小及耦合协调度,进一步运用随机森林模型探究其关键影响因素。结果表明:在黄河流域内90个地级市(州、盟)中,持续收缩型城市有27个,阶段收缩型城市有9个,潜在收缩型城市有29个,城市收缩现象显著;不同区域收缩城市的“三生”功能水平差异显著,其中生产和生活功能整体呈上升态势;“三生”功能的耦合协调度呈现由勉强协调向初级协调发展的特征,中、下游区域协调度优于上游,经济社会的快速发展和人民生活水平的提高有助于“三生”功能的耦合协调发展。

关键词 收缩城市;“三生”功能;耦合协调;随机森林;黄河流域

中图分类号:K901 **DOI:**10.16152/j.cnki.xdxbr.2024-03-011

The coupling and coordination of "production-living-ecological" functions in shrinking cities in the Yellow River Basin

LEI Min¹, JIANG Xingyue¹, WANG Rong², ZHENG Qing¹, LIU Hong¹, CUI Qiuyu¹

(1. College of Urban Environmental Science, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. Yunnan Guangcheng Engineering Construction Co., Ltd., Baoshan 678000, China)

Abstract On the basis of the fifth, sixth and seventh national population census data, we identify the shrinking cities in the Yellow River Basin and measure their shrinkage intensity. The multi-index comprehensive evaluation method and the coupling coordination model were used to analyze the size of the "production-living-ecological" functions and the coupling coordination scheduling of shrinking cities in 2010, 2015 and 2020. We also use the random forest model to explore its key influencing factors. The results show that among the 90 prefecture-level cities (stages and leagues) in the Yellow River Basin, there are 27 continuous contracting cities, 9 stage contracting cities and 29 potential contracting cities. The phenomenon of urban contraction is significant. During the study period, the production and living functions of the shrinking cities in the Basin were on the rise as a whole, and the level of "production-living-ecological" functions in different regions was significantly different. The coupling coordination degree of the shrinking cities' "production-living-ecological" functions was characterized by the development from barely coordinated to primary coordinated development. The coordination degree of the middle and lower reaches was better than that of the upper reaches. The devel-

收稿日期:2023-06-27

基金项目:国家自然科学基金(42171197)

第一作者:雷敏,女,博士,副教授,从事福祉地理与区域可持续发展等研究,xdleimin@nwu.edu.cn。

opment of economic society and the improvement of people's living standards contributed to the coupling and coordinated development of the "production-living-ecological" functions.

Keywords shrinking cities; "production-living-ecological" functions; coupling and coordination; random forest; Yellow River Basin

自 20 世纪中期起,在全球化、去工业化、人口老龄化、郊区化等综合因素作用下,城市内的人口减少,经济总量下降,城市收缩现象在世界各地蔓延并作为城市新常态成为全球性议题。国外对城市收缩的研究兴起于 20 世纪 80 年代,由德国学者 Häußermann 最先提出收缩城市概念^[1],之后展开的大量研究主要围绕收缩城市的概念内涵^[2]、收缩类型^[3]、成因机制^[4]、空间模式^[5]、治理对策^[6]等,国内学者主要围绕收缩类型^[7]、影响因素^[8]、空间格局^[9]、表现形式^[10]、应对策略^[11]等方面从全国^[12]、城市群^[13]、市域^[14]、县城^[15]、街区^[16]等不同尺度进行城市收缩现象的研究。研究发现,2000—2010 年间我国存在人口流失情况的城市达到 180 个^[17];近年来,我国东北、中部以及川渝地区也出现显著的人口与经济收缩并存的城市收缩现象^[12]。伴随着土地资源低效利用、生活环境逐渐恶化及老龄化加速等问题,收缩城市的“三生”功能冲突逐渐凸显。

“三生”功能是认识和评价国土空间发展质量的重要概念,“三生”功能即生产、生活和生态功能,是指生产、生活和生态空间基于提供的产品或服务所承担的区域主导功能^[18]。国内对“三生”功能的研究集中在功能评价^[19]、时空格局^[20]、耦合协调^[21]、影响因素^[22]、空间优化^[23]等方面,较少有对收缩城市“三生”功能耦合协调发展的具体研究^[24],研究尺度上正从全国、城市群^[25-26]等大尺度逐渐向县域^[27]和村域^[28]等中微观尺度过渡。相关研究已经相当丰富,但仍有进一步拓展的空间,当前收缩城市作为一种新常态席卷全球,它是影响范围比以前更广的长期过程,这些城市面临着结构转型的困境,城市内部的“三生”功能已经失调,因此,针对收缩城市开展“三生”功能的耦合协调研究对城市可持续发展显得尤其重要。

黄河流域范围广阔,是我国重要的战略和经济地带,但目前的城镇化和社会发展程度较为落后,不同地域间的自然资源禀赋差异巨大,生态条件也不容乐观,城市收缩现象和“三生”功能失调问题日益凸显。黄河流域生态保护和高质量发展

是新时期国家发展的重要战略,促进流域经济的持续发展与“三生”功能的耦合协调发展对于促进我国经济与社会高质量发展十分关键。因此,本研究在识别和测度黄河流域城市收缩的基础上,通过对“三生”功能的分析评价,揭示“三生”功能之间的时空动态变化及耦合协调特征,并探讨其影响因素,以期为流域规划工作、政策实施和科学研究提供参考与借鉴。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

黄河是我国境内的第二长河,共流经 9 个省区,全长 5 464 km,流域总面积 $79.46 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全国土地面积的 8.28%,地势西高东低,内蒙古的河口镇和河南省的桃花峪将黄河流域分成上、中、下游。本研究以黄河主要流经省区为主体,考虑到研究区域的完整性,排除属于长江经济带的四川省和属于东北地区范围的内蒙古自治区东四盟,最终选取青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东的 90 个地级市(州、盟)作为研究区域(见图 1)。截至 2020 年底,黄河流域地区生产总值为 19.9 万亿元,占全国 GDP 总量的 19.7%;常住人口达 32 671 万人,占全国总人口的 23.14%。2000—2020 年黄河流域地区的人口增长率为 76.88‰,低于同期全国 107.6‰的人口增长率。

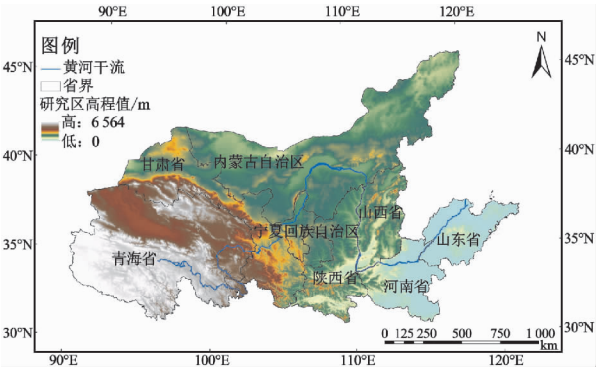


图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Geographic location of the study area

1.2 指标体系及数据来源

1.2.1 指标体系

基于“三生”功能定义和已有研究^[20-21],兼顾

黄河流域收缩城市的现实情况,共选择 24 个指标构建“三生”功能测度指标体系(见表 1)。

表1 “三生”功能评价指标体系

Tab.1 Evaluation index system of "production-living-ecological" fuctions

目标层	准则层	指标层	单位	正负向	权重
生产功能 P	农业生产	P1 粮食单位面积产量	kg/hm ²	+	0.009
		P2 农林牧渔业总产值	万元	+	0.042
	非农业生产	P3 二、三产业产值占 GDP 比重	%	+	0.011
		P4 邮政业务总量	万元	+	0.133
		P5 地均房地产开发投资完成额	万元/km ²	+	0.070
	经济发展水平	P6 人均地区生产总值	元	+	0.023
		P7 地均财政收入	万元/km ²	+	0.066
		P8 货物进出口总额	万美元	+	0.104
生活功能 L	生活水平	L1 人均可支配收入	元	+	0.023
		L2 地均社会消费品零售总额	万元/km ²	+	0.064
		L3 教育支出占比	%	+	0.054
	人居服务	L4 人口密度	人/km ²	+	0.087
		L5 人均医院床位数	张/人	+	0.02
		L6 人均公共设施用地面积	km ² /万人	+	0.05
		L7 人均道路面积	m ²	+	0.018
		L8 建成区供水管道密度	km/km ²	+	0.024
生态功能 E	生态承载	E1 城市污水排放量	10 ⁴ m ³	-	0.041
		E2 PM _{2.5} 年均浓度	μg/m ³	-	0.023
		E3 化肥投入强度	t/hm ²	-	0.021
		E4 地均水资源消耗	L/km ²	-	0.070
	生态维持	E5 人均公园绿地面积	hm ² /人	+	0.011
		E6 建成区绿化覆盖率	%	+	0.003
	环境整治	E7 生活垃圾无害化处理率	%	+	0.004
		E8 一般工业固体废物综合利用率	%	+	0.028

生产功能从农业生产、非农业生产、经济发展水平 3 个角度出发选取 8 项指标:粮食单位面积产量和农林牧渔业总产值能反映农业生产水平;二、三产业产值占 GDP 比重、邮政业务总量和地均房地产开发投资完成额表征非农行业的生产水平;人均地区生产总值、地均财政收入和货物进出口总额则能直接反映地区整体的经济发展水平。

生活功能从生活水平、人居服务 2 个角度出发选取 8 项指标:人均可支配收入反映地区居民的收入水平;地均社会消费品零售总额反映区域的消费水平;教育支出占比通过反映教育投入力度,进而反映居民生活水平;人口密度反映地区的居住承载能力;人均医院床位数和人均公共设施用地面积反映了医疗和文化方面的公共服务能力;人均道路面积和建成区供水管道密度反映居

住配套设施供给能力。

生态功能从生态承载、生态维持、环境整治 3 个角度出发选取 8 项指标:城市污水排放量、PM_{2.5}年均浓度、化肥投入强度、地均水资源消耗通过生态系统中的人类活动反映地区生态承载能力;人均公园绿地面积和建成区绿化覆盖率通过反映生活环境条件,进而反映地区生态维持能力;生活垃圾无害化处理率和一般工业固体废物综合利用率反映地区环境整治和生态净化能力。

1.2.2 数据来源

本文采用的人口数据来源于第五、六、七次全国人口普查公报,“三生”功能评价各指标数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》、各省份统计年鉴以及各地级市统计局发布的国民经济和社会发展统计公报。

2 研究方法

2.1 收缩城市测度

人口流失是城市收缩最本质的表征。常住人口可以更加客观地反映地区经济活力,因此成为识别收缩城市的核心变量。本研究参考孙平军^[29]等的收缩城市识别方法,以各地级市单元常住人口增长率是否低于黄河流域总人口增长率为标准,衡量各地级市单元是否出现收缩。计算公式如下,

$$C_{i1} = \frac{P_{i2010} - P_{i2000}}{P_{i2000}} - \frac{P_{i2010} - P_{i2000}}{P_{i2000}} \quad (1)$$

$$C_{i2} = \frac{P_{i2020} - P_{i2010}}{P_{i2010}} - \frac{P_{i2020} - P_{i2010}}{P_{i2010}} \quad (2)$$

$$C_{i3} = \frac{P_{i2020} - P_{i2000}}{P_{i2000}} - \frac{P_{i2020} - P_{i2000}}{P_{i2000}} \quad (3)$$

式中: C_{i1} 、 C_{i2} 、 C_{i3} 分别表示对应研究阶段内所研究的第 i 个地级市单元常住人口变化率与黄河流域总人口变化率的差值。 P_{i2000} 、 P_{i2010} 、 P_{i2020} 表示研究的第 i 个地级市单元对应年份的常住人口数量; P_{i2000} 、 P_{i2010} 、 P_{i2020} 表示黄河流域对应年份的常住人口数量。

各收缩城市的收缩强度计算公式如下,

$$T_{i1} = \frac{C_{i1} \times P_{i2000}}{P_{i2010} - P_{i2000}} \times 100\% \quad (4)$$

$$T_{i2} = \frac{C_{i2} \times P_{i2010}}{P_{i2020} - P_{i2010}} \times 100\% \quad (5)$$

$$T_{i3} = \frac{C_{i3} \times P_{i2000}}{P_{i2020} - P_{i2000}} \times 100\% \quad (6)$$

式中: T_{i1} 、 T_{i2} 、 T_{i3} 分别表示第 5 ~ 6 次,6 ~ 7 次,5 ~ 7 次全国人口普查期间第 i 个收缩城市的收缩强度。收缩城市 T_{ik} 的绝对值越大,表示收缩城市的收缩程度越大。依据 T_{i1} 、 T_{i2} 值将城市收缩类型分为潜在收缩型($T_{i1} > 0$ 且 $T_{i2} < 0$)、阶段收缩型($T_{i1} < 0$ 且 $T_{i2} > 0$)、持续收缩型($T_{i1} < 0$ 且 $T_{i2} < 0$)和持续扩张型($T_{i1} > 0$ 且 $T_{i2} > 0$)4 类。

2.2 “三生”功能评价

首先,采用极差标准化法对各项指标实行统一处理。计算公式如下,

$$\text{正向指标 } x'_{ij} = (x_{ij} - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (7)$$

$$\text{负向指标 } x'_{ij} = (x_{\max} - x_{ij}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (8)$$

其次,运用熵值法计算出各项指标的权重。计算式如下,

$$P_{ij} = x'_{ij} / \sum_{j=1}^n x'_{ij} \quad (9)$$

$$R_i = - \frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (10)$$

$$W_i = (1 - R_i) / \sum_{i=1}^m (1 - R_i) \quad (11)$$

式中: x'_{ij} 为原始数据标准化后的数值; W_i 为第 i 个指标的权重。

最后,基于各参评指标的标准化值和权重,计算得到黄河流域收缩城市的“三生”功能评价价值 U_i 。计算式如下,

$$U_i = \sum_{j=1}^n W_i x'_{ij} \quad (12)$$

2.3 耦合协调度模型

耦合协调度模型被用来衡量系统中各个要素之间的协同程度。为体现黄河流域各收缩城市的协调程度,借助耦合协调度模型进行计算。

$$C_i = 3 \times \left[\frac{U_p U_l U_e}{(U_p + U_l + U_e)^3} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (13)$$

$$T_i = \partial U_p + \beta U_l + \delta U_e \quad (14)$$

$$D_i = \sqrt{C_i \times T_i} \quad (15)$$

式中: U_p 、 U_l 、 U_e 分别表示生产、生活、生态功能的综合评价价值; C_i 为“三生”功能耦合度,取值范围为 $[0, 1]$, C_i 越大耦合度越高; T_i 为生活、生产、生态功能的综合协调指数; ∂ 、 β 、 δ 为生产、生活、生态功能贡献率的待定系数,取 $\partial = \beta = \delta = 1/3$; D_i 为“三生”功能的耦合协调度,取值范围为 $[0, 1]$ 。

2.4 随机森林模型

随机森林模型是由 Breiman^[30]提出的一种机器学习算法。作为一种自然的非线性建模工具,它具有训练速度迅速、模型泛化能力强、精度高、实现较为简单的优点,其样本与特征的选择均具有随机性的特点。它在算法上具备明显的优势,能够较好的平衡误差,可以对复杂的非线性关系进行有效的拟合,是目前普遍用于分类与回归问题上的一种统计方法。本文采用随机森林模型测算“三生”功能耦合协调度各影响因素的重要程度。

3 结果与分析

3.1 黄河流域城市收缩特征分析

3.1.1 收缩城市测度与分类

黄河流域地级市单元的收缩情况表现出如下特点:2000—2020 年,除去 25 个持续扩张型城

市,黄河流域存在收缩现象的城市共有 65 个,占城市总数的 72.2%。其中,潜在收缩型城市 29 个,占比最大,达 44.6%;阶段收缩型城市 9 个,占比 13.8%;持续收缩型城市 27 个,占比 41.5%(见表 2)。潜在收缩型城市和持续收缩型城市占

比非常大,可见黄河流域城市收缩态势显著。从空间分布来看,持续收缩型城市多分布于黄河上游地区的甘肃省和黄河中游地区的陕西省,阶段型收缩城市多分布于黄河中、下游地区的河南省,潜在收缩型城市多分布于青海省、山西省和山东省。

表 2 黄河流域收缩城市类型

Tab.2 Types of shrinking cities in the Yellow River Basin

类型	包含城市
持续扩张型 (25 个)	西宁市、兰州市、临夏州、呼和浩特市、嘉峪关市、鄂尔多斯市、太原市、西安市、锡林郭勒盟、延安市、郑州市、榆林市、乌海市、洛阳市、新乡市、阿拉善盟、黄南州、济源示范区、济南市、银川市、青岛市、玉树市、东营市、果洛州、滨州市
潜在收缩型 (29 个)	大同市、海东市、临汾市、吕梁市、铜川市、枣庄市、鹤壁市、海南州、漯河市、晋中市、酒泉市、南阳市、中卫市、运城市、包头市、淄博市、海西州、朔州市、石嘴山市、晋城市、潍坊市、威海市、长治市、甘南州、德州市、阳泉市、海北州、烟台市、聊城市
阶段收缩型 (9 个)	安阳市、吴忠市、商丘市、信阳市、濮阳市、周口市、驻马店市、日照市、临沂市
持续收缩型 (27 个)	武威市、安康市、定西市、固原市、天水市、宝鸡市、商洛市、咸阳市、焦作市、巴彦淖尔市、渭南市、汉中市、平凉市、许昌市、乌兰察布市、开封市、庆阳市、陇南市、济宁市、金昌市、平顶山市、白银市、张掖市、三门峡市、忻州市、泰安市、菏泽市

3.1.2 收缩城市时空分布

黄河流域城市收缩在数量和强度上都表现出明显的增长趋势(见图 2)。2000—2010 年,处于收缩状态的城市有 36 个,占流域城市总数的 40%,75% 的城市为轻度收缩,25% 的城市为中度

收缩,没有重度收缩城市。在这个时期,流域内的城市虽然出现了人口收缩现象,但收缩程度较轻,地区分布上,甘肃与河南的收缩城市数量最多,其次为陕西和山东,宁夏、内蒙古收缩城市数量较少,青海省还未出现城市收缩现象。

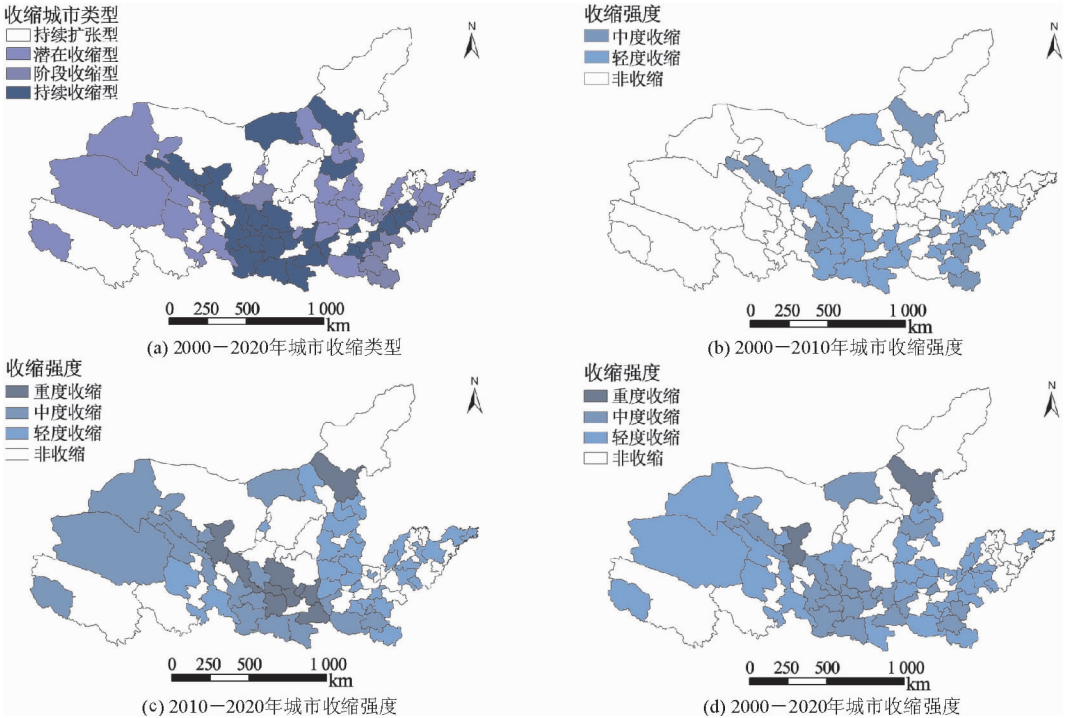


图 2 黄河流域收缩城市分布格局

Fig.2 Distribution pattern of shrinking cities in the Yellow River Basin

2010—2020 年,随着时间的推移,城市收缩情况有所加剧,流域内处于收缩状态的城市增加到 58 个,占城市总数的 64.4%,其中 51.7% 的收缩城市为轻度收缩,31.1% 的收缩城市属于中度收缩,有 17.2% 的城市已经出现重度收缩现象。综合来看,2000—2020 年,共有 55 个城市出现收缩态势,其中,60% 的城市属于轻度收缩,36.4% 的城市属于中度收缩,3.6% 的城市出现重度收缩。

黄河流域的城市收缩现象在空间上呈由核心城市周边的城市向更外圈城市蔓延的趋势,最先出现收缩现象的城市收缩程度更为严重。2000—2020 年出现中度收缩和重度收缩现象的城市大

多紧邻各省会城市,表明人口倾向于涌向具有更多就业机会和更完备设施系统的大城市。省会城市存在虹吸效应是引起周边地区出现收缩现象的重要原因,地区资源和经济发展的不平衡引发人口流动,带来持续的局部收缩。

3.2 收缩城市“三生”功能时空特征分析

基于指标数据的可获得性和准确性,采用 ArcGIS 软件对除海北州、海南州、海西州、甘南州外的 61 个收缩城市的“三生”功能值时空格局进行可视化分析,并将其按低、较低、中等、较高、高 5 个等级划分,得到黄河流域收缩城市“三生”功能综合评价价值时空分布情况(见图 3)。

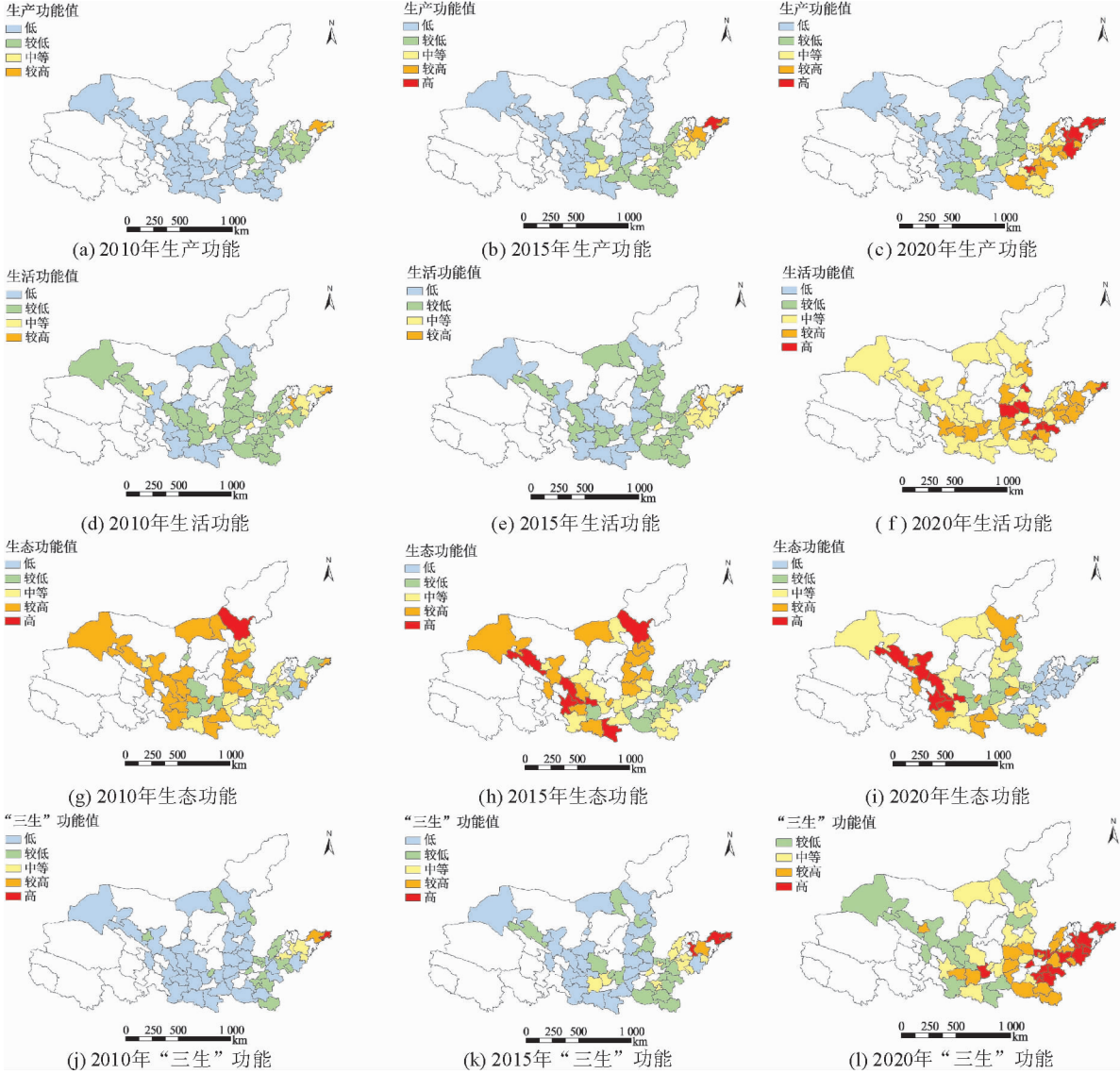


图 3 黄河流域收缩城市“三生”功能值时空分布

Fig. 3 Temporal and spatial distribution of the "production-living-ecological" functions value of shrinking cities in the Yellow River Basin

1) 生产功能。2010—2020 年间黄河流域收缩城市的生产功能整体上呈逐步上升态势,其中,

下游的发展态势始终优于中、上游。2010 年流域收缩城市生产功能整体处于中低水平,2015 年

中、下游城市的生产功能有所提升,山东省的烟台市提升为生产功能高值区,威海市、潍坊市和淄博市提升为生产功能较高值区。2020 年黄河流域整体生产功能持续提升,山东省的烟台市、威海市、潍坊市、淄博市、临沂市和河南省的许昌市都已经成为生产功能高值区,但位于黄河流域上游的甘肃省和宁夏回族自治区生产功能仍处在低水平。

2)生活功能。2010—2020 年间黄河流域收缩城市的生活功能整体上呈现逐步上升的趋势,不同区域收缩城市的生活功能值差异明显。黄河中、下游收缩城市相较于上游收缩城市生活功能值更高。2010 年和 2015 年中、上游大部分城市的生活功能评价处于低水平和较低水平,仅山东省的威海市和淄博市处于较高值区。2020 年流域内收缩城市生活功能值显著提高,除青海省的海东市外,研究的所有收缩城市的生活功能都处于中等以上水平,生活水平大幅提高。其中,山东省的威海市、河南省的商丘市、开封市、漯河市、焦作市和山西省的阳泉市、临汾市、长治市已发展成为生活功能高值区。

3)生态功能。2010—2020 年间不同区域收缩城市的生态功能存在显著差异,整体上,中、上游收缩城市的生态功能值优于下游收缩城市。2010 年仅内蒙古的乌兰察布市处于高值区,2015 年新增甘肃省的张掖市、白银市、定西市、平凉市和陕西省安康市也处于高值区。2015—2020 年甘肃省武威市和天水市上升为生态功能高值区,但有 65.57% 的收缩城市生态功能值均出现一定程度的下降。2020 年山东省全部收缩城市的生态功能都处于低值区和较低值区。整个研究时段中,山东省淄博市和临沂市始终处于低值区。

4)“三生”功能。2010—2020 年间黄河流域收缩城市的“三生”功能综合评价整体值上表现

出从上游城市到下游城市逐渐升高的态势。2010—2015 年研究城市普遍处于中低值区,仅有黄河流域下游的山东省出现高值和较高值。2020 年黄河流域中、下游城市的“三生”功能值普遍达到较高值和高值,但上游的“三生”功能值以中等值和较低值为主。黄河上游城市的经济发展水平相对较低,尽管生态功能相对优越,但其生产功能和生活功能水平较低,因而其“三生”功能综合值较低。

3.3 收缩城市“三生”功能耦合协调分析

3.3.1 耦合协调度时空分异

2000—2020 年间黄河流域收缩城市耦合协调度逐步提升。从空间分布上看,黄河流域收缩城市的“三生”功能耦合协调度存在明显的地区差异,整体来看,下游城市优于中、上游城市。

2010 年黄河流域“三生”功能耦合协调度均值为 0.51,平均耦合协调程度为勉强协调。中、上游收缩城市的耦合协调程度主要为轻度失调和濒临失调,只有陇南市处于中度失调。黄河流域下游城市以勉强协调和初级协调为主,处于中级协调阶段的城市只有山东省的威海市和烟台市。

2015 年黄河流域“三生”功能耦合协调度均值为 0.55,平均耦合协调程度为勉强协调。黄河流域中、上游收缩城市的耦合协调程度以濒临失调和勉强协调为主,其中,甘肃省的陇南市仍然处于中度失调,青海省的海东市仍然处于轻度失调。黄河流域下游城市普遍处于初级协调和中级协调,威海市达到良好协调,但临沂市降为轻度失调。

2020 年黄河流域收缩城市的生产、生活、生态功能之间均已进入耦合协调水平,“三生”功能耦合协调度均值增长至 0.69,平均耦合协调度为初级协调。黄河流域上游收缩城市以勉强协调和初级协调为主,中、下游收缩城市以中度协调和良好协调为主(见图 4)。

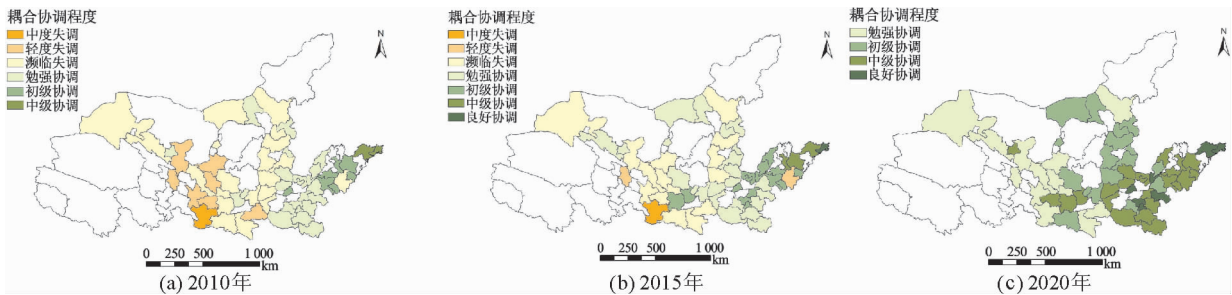


图 4 “三生”功能耦合协调度类型时空分布

Fig.4 Temporal and spatial distribution of the coordination degree type of "production-living-ecological" functions coupling

3.3.2 影响因素分析

以表 1 各指标为自变量,计算所得的“三生”功能耦合协调度 D 值为因变量,运用 SPSSPRO 软件进行随机森林回归,测算黄河流域收缩城市“三生”功能耦合协调度各影响因素的重要程度,通过 3 次随机森林回归处理获得影响因素的重要性排序结果(见表 3)。

表 3 影响因素重要性排序

Tab.3 Ranking of importance of influencing factors		
影响因素	重要性 /%	重要性 排序
P7 地均财政收入	9.30	1
P5 地均房地产开发投资完成额	9.07	2
P6 人均地区生产总值	8.83	3
I2 地均社会消费品零售总额	8.47	4
I4 人口密度	6.00	5
P8 货物进出口总额	4.50	6
E1 城市污水排放量	4.50	7
P1 粮食单位面积产量	4.50	8

如表 3 所示,排名前 4 位的影响因素是黄河流域“三生”功能耦合协调度的主导因素。地均财政收入、人均地区生产总值、货物进出口总额表征经济发展水平,地均房地产开发投资完成额表征非农业生产水平,地均社会消费品零售总额表征生活水平,人口密度表征居住承载能力,城市污水排放量表征生态承载能力,粮食单位面积产量表征农业生产水平,说明“三生”功能耦合协调度是多因素综合作用的结果,经济社会的发展和人民生活水平的提高促进了“三生”功能的耦合协调发展。城市污水排放量与“三生”功能的耦合协调度呈负相关关系,因此,注重生态环境保护才能促进“三生”功能的耦合协调性。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文利用五普、六普、七普人口数据识别黄河流域收缩城市,并对其收缩强度进行测度,在此基础上对收缩城市的“三生”功能及其耦合协调程度进行分析,得到主要结论如下。

1)从城市收缩类型和收缩强度上来看,在黄河流域的 90 个地级市(州、盟)中,存在收缩现象

的城市共有 65 个,城市收缩现象显著。其中,潜在收缩型城市有 29 个,阶段收缩型城市有 9 个,持续收缩型城市有 27 个。2000—2010 年,处于收缩状态的城市共有 36 个,以轻度收缩为主,甘肃省和河南省的收缩城市数量最多。2010—2020 年,收缩城市数量增加到 58 个,17.2% 的收缩城市出现重度收缩现象。基于核心城市的虹吸效应,黄河流域的城市收缩现象在空间上表现出由核心城市周边的城市向更外圈城市蔓延的趋势,最先出现收缩现象的城市收缩程度更为严重。

2)从“三生”功能值来看,2010—2020 年间黄河流域收缩城市的生产功能和生活功能总体小幅上升,“三生”功能综合评价值呈现从上游到下游逐渐升高的态势。上、中、下游区域的“三生”功能水平空间差异性显著,下游收缩城市生活功能和生产功能的发展态势始终优于中、上游收缩城市,相反地,中、上游收缩城市的生态功能值优于下游收缩城市。从“三生”功能的耦合协调程度来看,2000—2020 年间,黄河流域收缩城市的耦合协调度整体逐步上升,空间上,中、下游区域的耦合协调度优于上游区域。到 2020 年,收缩城市的生产、生活和生态功能之间均已进入协调耦合水平。

3)总体来看,黄河流域收缩城市“三生”功能的耦合协调度是由经济因素、社会因子、生态因素等因素综合作用的结果。生态承载能力是黄河流域收缩城市“三生”功能耦合协调的基础,生活水平等社会因素在一定程度上影响着耦合协调的程度,经济发展水平则直接主导着耦合协调的结果。上述因素并非割裂关系,而是在黄河流域“三生”功能耦合协调中相互依赖、相互制约,它们对城市生产、生活、生态三大空间产生交互作用。希望在未来能通过区域协调、差异化发展、向耦合协调度低的地区政策倾斜等方式调配上述要素资源,以实现流域整体“三生”功能耦合协调关系的优化提升。

4.2 讨论

本文通过构建“三生”功能综合评价指标体系,利用耦合协调度模型和随机森林模型,探究了黄河流域收缩城市“三生”功能的耦合协调情况及影响因素,研究结论对探索收缩城市的“三生”功能变化与可持续发展具有一定的参考意义。有待优化与讨论的是,本文主要基于人口数据对收缩城市进行识别和测度,缺少结合经济社会发展

指标对收缩城市现状进行进一步的深度分析。另外在“三生”功能评价指标选取方面尚有不足,限于数据获取的客观原因,少有针对性收缩城市发展现状的特色指标,未来研究中可以在这方面进行延展,进一步完善指标体系。

针对黄河流域收缩城市“三生”功能现状及全流域高质量发展需要,未来应提升流域内增长极的辐射作用,加强核心城市同周围中小城市之间的联系,提升周围中小城市的发展水平,促进区域经济发展的同时兼顾环境生态平衡,实现绿色高效率发展。对于不同收缩类型的城市,因城制宜地制定提升城市“三生”功能的策略,改善城市收缩现状,尤其是持续收缩型城市,更要以问题为导向,把握好自身定位。此外,从全流域的可持续发展角度来看,有必要对“三生”功能耦合协调度低的收缩城市通过政策倾斜推进区域资源的合理分布,以促进流域的整体协调发展。

参考文献

- [1] HÄUBERMANN H, SIEBEL W. Die schrumpfende stadt und die stadtsoziologie [M] // Soziologische Stadtforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 1988: 78-94.
- [2] MARTINEZ-FERNANDEZ C, AUDIRAC I, FOL S, et al. Shrinking cities: Urban challenges of globalization[J]. International Journal of Urban and Regional Research, 2012, 36(2): 213-225.
- [3] SCHETKE S, HAASE D. Multi-criteria assessment of socio-environmental aspects in shrinking cities. Experiences from eastern Germany[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2008, 28(7): 483-503.
- [4] WEAVER R, HOLTKAMP C. Geographical approaches to understanding urban decline: From evolutionary theory to political economy...and back? [J]. Geography Compass, 2015, 9(5): 286-302.
- [5] BLANCO H, ALBERTI M, OLSHANSKY R, et al. Shaken, shrinking, hot, impoverished and informal: Emerging research agendas in planning[J]. Progress in Planning, 2009, 72(4): 195-250.
- [6] FELT W, CHIN K Y, REMY C D. Contraction sensing with smart braid McKibben muscles[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2016, 21(3): 1201-1209.
- [7] 吴康, 龙瀛, 杨宇. 京津冀与长江三角洲的局部收缩: 格局、类型与影响因素识别[J]. 现代城市研究, 2015, 30(9): 26-35.
- [8] 王宇, 何邕健. 吉林省收缩城市的空间分布与影响因素分析[J]. 西部人居环境学刊, 2018, 33(3): 21-27.
- [9] 陈肖飞, 郜瑞瑞, 韩腾腾, 等. 人口视角下黄河流域城市收缩的空间格局与影响因素[J]. 经济地理, 2020, 40(6): 37-46.
- [10] 杨东峰, 龙瀛, 杨文诗, 等. 人口流失与空间扩张: 中国快速城市化进程中的城市收缩悖论[J]. 现代城市研究, 2015, 30(9): 20-25.
- [11] 高舒琦, 龙瀛. 东北地区收缩城市的识别分析及规划应对[J]. 规划师, 2017, 33(1): 26-32.
- [12] 刘再起, 肖悦. 中国收缩型城市的地理分布、形成原因及转型发展路径[J]. 税务与经济, 2021(3): 1-8.
- [13] 韩冬. 京津冀城市群收缩格局、类型及影响因素研究: 以张家口市为例[J]. 城市, 2021(12): 34-44.
- [14] 衣霄翔, 邹志翀, 梁晓倩, 等. 黑龙江省城市收缩现象及问题研究[C] // 共享与品质——2018 中国城市规划年会论文集(12 城乡治理与政策研究). 杭州: 中国城市规划学会, 2018: 403-411.
- [15] 杨友, 谢宇鹏, 王荣荣. 张家口市城市收缩水平测度

WU K, LONG Y, YANG Y. Urban shrinkage in the Beijing-Tianjin-Hebei Region and Yangtze River Delta: Pattern, trajectory and factors[J]. Modern Urban Research, 2015, 30(9): 26-35.

YANG L, HE Y J. Research on spatial distribution and influencing factors of shrinking cities in Jilin Province[J]. Journal of Human Settlements in West China, 2018, 33(3): 21-27.

CHEN X F, GAO R R, HAN T T, et al. Spatial pattern and influencing factors of urban shrinkage in the Yellow River Basin from the perspective of population change[J]. Economic Geography, 2020, 40(6): 37-46.

YANG D F, LONG Y, YANG W S, et al. Losing population with expanding space: Paradox of urban shrinkage in China [J]. Modern Urban Research, 2015, 30(9): 20-25.

GAO S Q, LONG Y. Distinguishing and planning shrinking cities in northeast China [J]. Planners, 2017, 33(1): 26-32.

LIU Z Q, XIAO Y. Geographical distribution, formation reasons and transformation development path of China's shrinking cities [J]. Taxation and Economy, 2021(3): 1-8.

HAN D. The study on the shrinkage pattern, type and influence factors of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration: The case study of Zhangjiakou City [J]. City, 2021(12): 34-44.

- 及机制分析[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2021, 37(1): 55-60.
- YANG Y, XIE Y P, WANG R R. Measurement and mechanism analysis of urban contraction level in Zhangjiakou[J]. Journal of Hebei North University (Natural Science Edition), 2021, 37(1): 55-60.
- [16] 杨晓娟,肖宁,赵柏伊. 收缩语境下资源型城市县域空间规划策略与实践:以陕西省略阳县为例[J]. 规划师, 2019, 35(16): 82-88.
- YANG X J, XIAO N, ZHAO B Y. County level spatial planning strategies and practice of resource based cities in the context of contraction: Lueyang County, Shaanxi Province[J]. Planners, 2019, 35(16): 82-88.
- [17] 龙瀛,吴康,王江浩. 中国收缩城市及其研究框架[J]. 现代城市研究, 2015, 30(9): 14-19.
- LONG Y, WU K, WANG J H. Shrinking cities in China[J]. Modern Urban Research, 2015, 30(9): 14-19.
- [18] 黄金川,林浩曦,漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3): 378-391.
- HUANG J C, LIN H X, QI X X. A literature review on optimization of spatial development pattern based on ecological-production-living space[J]. Progress in Geography, 2017, 36(3): 378-391.
- [19] 程婷,赵荣,梁勇. 国土“三生空间”分类及其功能评价[J]. 遥感信息, 2018, 33(2): 114-121.
- CHENG T, ZHAO R, LIANG Y. Production-living-ecological space classification and its functional evaluation[J]. Remote Sensing Information, 2018, 33(2): 114-121.
- [20] 逯承鹏,纪薇,刘志良,等. 黄河流域甘肃段县域“三生”功能空间时空格局及影响因素识别[J]. 地理科学, 2022, 42(4): 579-588.
- LU C P, JI W, LIU Z L, et al. Spatial-temporal pattern and influencing factors of the "production-living-ecological" functional space of the Yellow River Basin at county level in Gansu, China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(4): 579-588.
- [21] 李强,苏迎庆,冯珍珍,等. 汾河流域三生空间功能耦合协调研究[J]. 中国水土保持科学(中英文), 2021, 19(5): 115-125.
- LI Q, SU Y Q, FENG Z Z, et al. Study on production-living-ecological space function coupling coordination in Fen river basin[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2021, 19(5): 115-125.
- [22] 魏璐瑶,陆玉麒,马颖忆,等. 江苏省乡村“三生”功能耦合协同测度及格局演化[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(12): 1596-1608.
- WEI L Y, LU Y Q, MA Y Y, et al. The coupling coordination and pattern evolution of "production-living-ecological" functions in rural areas of Jiangsu Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2021, 37(12): 1596-1608.
- [23] 魏小芳,赵宇鸾,李秀彬,等. 基于“三生功能”的长江上游城市群国土空间特征及其优化[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(5): 1070-1079.
- WEI X F, ZHAO Y L, LI X B, et al. Characteristics and optimization of geographical space in urban agglomeration in the upper reaches of the Yangtze River based on the function of "production-living-ecological" [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(05): 1070-1079.
- [24] 路昌,徐雪源,周美璇. 中国三大城市群收缩城市“三生”功能耦合协调度分析[J]. 世界地理研究, 2023, 32(3): 76-88.
- LU C, XU X Y, ZHOU M X. Analysis on coupling coordination degree of "three life" functions in shrinking cities of China's three major urban agglomerations [J]. World Geographical Research, 2023, 32(3): 76-88.
- [25] 夏慧雯,焦胜,胡加琦. 长株潭城市群“三生”空间动态演化与功能测度[C]//面向高质量发展的空间治理——2021中国城市规划年会论文集(08城市生态规划). 成都:中国城市规划学会, 2021: 118-126.
- [26] 陕永杰,魏绍康,原卫利,等. 长江三角洲城市群“三生”功能耦合协调时空分异及其影响因素[J]. 生态学报, 2022, 42(16): 6644-6655.
- SHAN Y J, WEI S K, YUAN W L, et al. Spatial temporal differentiation and influencing factors of coupling-coordination of "production-living-ecological" functions in Yangtze River Delta urban agglomeration[J]. ACTA Ecologica Sinica, 2022, 42(16): 6644-6655.
- [27] 焦庚英,杨效忠,黄志强,等. 县域“三生空间”格局与功能演变特征及可能影响因素分析:以江西婺源为例[J]. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1252-1267.
- JIAO G Y, YANG X Z, HUANG Z Q, et al. Evolution characteristics and possible impact factors for the changing pattern and function of "production-living-ecological" space in Wuyuan County[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(5): 1252-1267.
- [28] 李欣,方斌,殷如梦,等. 村域尺度“三生”功能与生活质量感知空间格局及其关联:以江苏省扬中市为

例[J]. 地理科学,2020, 40(4):599-607.

LI X, FANG B, YIN R M, et al. Spatial pattern and association of production-living-ecological function and life quality on the village scale: A case of Yangzhong City, Jiangsu Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(4): 599-607.

[29] 孙平军,刘菊,罗宁,等. 成渝地区双城经济圈收缩城市的空间格局与影响因素:基于第五、六、七次全国人口普查数据的分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2022, 44(1):46-56.

SUN P J, LIU J, LUO N, et al. The spatial pattern of shrinking cities in Chengdu-Chongqing Economic Circle and its influencing factors: An analysis based on the 5th, 6th and 7th national census data[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2022, 44(1): 46-56.

[30] BREIMAN L. Random forests, machine learning 45 [J]. Journal of Clinical Microbiology, 2001, 2:199-228.

(编 辑 李 静)