

引用格式:武子豪,祖健,史云扬,等.城市职能视角下“三生”空间的识别与评价:以京津冀城市群为例[J].资源科学,2022,44(11):2247-2259. [Wu Z H, Zu J, Shi Y Y, et al. Identification and evaluation of production-living-ecological space from the perspective of urban function: Taking the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration as an example[J]. Resources Science, 2022, 44(11): 2247-2259.] DOI: 10.18402/resci.2022.11.07

# 城市职能视角下“三生”空间的识别与评价 ——以京津冀城市群为例

武子豪<sup>1,2</sup>,祖 健<sup>3</sup>,史云扬<sup>1,2</sup>,郝晋珉<sup>1,2</sup>

(1. 中国农业大学土地科学与技术学院,北京 100193;2. 自然资源部农用地质量与监控重点实验室,北京 100193;3. 农业农村部农村经济研究中心,北京 100810)

**摘 要:**科学识别“三生”空间能够帮助摸清区域空间本底,促进国土空间的有序开发利用,是国土空间规划编制的基础。本文选取京津冀城市群作为研究区,以土地利用类型“三生”功能为基础,结合“三生”功能适宜性识别划定“三生”空间,并对京津冀城市群进行职能分类,分别评价2010—2020年城市群整体与各类城市的“三生”空间格局与转移变化。结果表明:①京津冀城市群“三生”空间地理分异规律明显,由西北向东南依次呈现生态-自然生产空间、自然生产-生态空间和生态空间,其中穿插着以各个城市中心为主体的生活-工业生产空间;②2010—2020年,仅有生活-工业生产空间面积增加,其余空间均减少,4类空间均有不同程度的转移,其中生态-自然生产空间转为自然生产-生态空间面积最大;③京津冀城市群“三生”空间中多为复合功能空间,生态与生产功能呈现多种强度组合方式,2020年新增自然生产-生态空间自然生产适宜性较2010年有所下降;④京津冀城市群职能结构分工不明确,相同职能类型的城市“三生”空间变化相似。结合土地利用类型与适宜性识别“三生”空间更加科学准确,划分城市职能类型评价各类城市“三生”功能特征,以期对京津冀城市群国土空间开发利用与协同发展提供科学参考。

**关键词:**“三生”空间;城市职能;土地多功能利用;适宜性评价;京津冀城市群

DOI: 10.18402/resci.2022.11.07

## 1 引言

2018年自然资源部的成立标志着中国规划体系进入重构阶段,多规合一使得中国规划重点由土地转向空间,土地利用问题已经逐渐转变为空间利用问题<sup>[1]</sup>,如何构建科学合理的国土空间规划体系受到政府部门与学者的广泛关注。党的“十八大”将优化国土空间开发格局作为生态文明建设的重要举措,提出“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的规划理念,为中国国土空间优化提出总方针。科学识别生产空间、生活空间、生态空间是建立全国统一、责权清晰、科学高效的国土空间规划体系的重要基础,对于推进生态文

明建设、促进国家治理体系和治理能力现代化具有重要意义。

“三生”空间是以不同功能为主导所划分出的国土空间类型,目前“三生”空间的研究主要集中于功能内涵<sup>[2-5]</sup>、识别划定<sup>[1,6,7]</sup>与空间优化<sup>[8-10]</sup>等方面。在功能内涵方面,现有研究多以主导功能为基础、以主要产物为表现对“三生”空间进行内涵区分,认为生产空间主要提供农产品等生物质产品、工业品等非生物质产品以及服务产品,生活空间是以满足人类居住、消费、娱乐、医疗、教育等各种不同需求为主导功能的空间,生态空间提供生态产品和生态

收稿日期:2022-08-11;修订日期:2022-10-24

基金项目:国家科技支撑计划项目(2015BAD06B01)。

作者简介:武子豪,男,陕西延安人,硕士研究生,研究方向为国土空间利用与优化。E-mail: wuzihao@cau.edu.cn

通讯作者:郝晋珉,男,山西太谷人,教授,研究方向为国土空间规划和区域可持续发展。E-mail: jmhao@cau.edu.cn

服务<sup>[2,3]</sup>。在“三生”空间的识别研究中,目前多基于土地利用类型识别各地类的主要功能来划定“三生”空间<sup>[11,12]</sup>,由于不同用地分类的侧重点不同,所以在不同规划中“三生”空间对应着不同的地类<sup>[13]</sup>,在不同尺度的区域上又可以根据不同的用地分类划定“三生”空间,例如扈万泰等<sup>[14]</sup>从城乡全域、城镇区域和乡村区域3个空间尺度分别阐述了“三生”空间的空间用地对象。随着“三生”空间识别研究的发展,有学者基于“三生”功能的内涵构建指标体系进行“三生”空间识别与划定,主要表现为土地适宜性评价<sup>[15]</sup>和功能评价<sup>[16]</sup>,也有研究将土地适宜性和功能评价结合划定“三生”空间<sup>[6]</sup>。上述基于土地利用类型的划分方法对同一地类的多功能性<sup>[17]</sup>和空间异质性<sup>[1]</sup>考虑欠缺,而基于“三生”功能与适宜性评价的指标体系复杂多样,尚未形成统一的标准<sup>[3]</sup>。城市职能是指城市在国家或区域中所发挥的功能作用<sup>[18]</sup>,重点关注城市的经济活动部分<sup>[19]</sup>,目前关于城市职能的研究多关注城市职能类型划分及相关分析<sup>[20-23]</sup>,采用纳尔逊分类法<sup>[24]</sup>基于行业从业人数进行定量分析,并结合周一星等<sup>[25]</sup>提出的职能规模、专业化部门和职能强度这3个要素分析城市职能变化。

京津冀地区作为中国北部的核心经济圈,是一个由多个城市组成的复杂系统,对京津冀城市群进行职能分类有助于细分城市群复杂大系统,并以此作为“三生”空间评价依据之一。目前对于京津冀地区“三生”空间的研究多关注于北京市,缺乏对京津冀整体空间的分析,随着京津冀协同发展战略的推进,北京市、天津市与河北省之间的关系会越来越紧密,因此需要对京津冀整个城市群进行“三生”空间的识别与评价分析,进一步加强各城市之间的连通性。城市职能类型更多表征城市在社会经济方面能发挥的作用,将其融入“三生”空间评价能使评价更全面具体,且评价结果可为同类型城市提供参考。

现有文献多将与食物相关的生产空间划分为农业生产空间,缺乏对居民膳食结构的考虑,除粮食以外的其他食物生产也应当得到重视,本文以土地利用类型结合“三生”功能适宜性指标识别划定京津冀城市群“三生”空间,提出自然生产空间代替现有文献常用的农业生产空间,通过2010年与2020年两期数据对比,分析评价京津冀“三生”空间格局及转移变化,并基于适宜性指标修正后的“三生”功

能分值分析“三生”功能强度变化,最后将城市群进行职能类型划分,评价各类城市“三生”功能特征,以为京津冀城市群国土空间开发利用与协同发展提供科学参考。

## 2 研究区概况与数据来源

### 2.1 研究区概况

京津冀城市群(113°04'E—119°53'E, 36°01'N—42°37'N)位于中国环渤海地区,包括北京市、天津市两大直辖市与河北省的石家庄市、唐山市、秦皇岛市、廊坊市、保定市、张家口市等城市,地貌类型多种多样,海拔高度由西北向东南逐渐降低,属温带季风气候区,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,四季分明。京津冀城市群是中国北方经济规模最大、最具活力的地区,是中国的“首都经济圈”,2020年京津冀三地地区生产总值达86393.2亿元,占全国国内生产总值的8.5%,人口数量达1.1亿人。近10年来,京津冀一体化发展不断加深,在交通、医疗、教育、科技等领域合作加大,区域连通性不断增强,但随着经济发展与城镇化建设的推进,京津冀地区也出现了环境恶化、土地利用变化剧烈等问题,2010—2020年城镇建设用地面积增加约5494.49 km<sup>2</sup>,同时也存在着城镇体系发育失衡、次级中心城市发展滞后和县域发展分散的现象。

### 2.2 数据来源

本文主要涉及地理空间数据和社会经济统计数据,其中地理空间数据主要包括:京津冀土地利用覆盖数据来源于年度中国土地覆盖数据集(CLCD)<sup>[26]</sup>,该数据集利用Landsat土地覆盖数据基于GEE平台再制作,空间分辨率为30 m;DEM数据在地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)中获取,从GDEM V3数据库中下载,空间分辨率为30 m,借助ArcGIS 10.7计算坡度;植被净初级生产力(NPP)数据来源于MODIS产品数据中MOD17A3数据集,空间分辨率为500 m;2010年夜间灯光数据采用DMSP-OLS数据,2020年夜间灯光数据采用VIIRS\_V2 average-masked数据,选择夜间灯光亮度最高的区域作为城市中心,并删除碎小栅格得到最终的城市中心区域,并以此做缓冲区得到距城市中心距离,从而减少两年数据来源不一致带来的误差;归一化植被指数(NDVI)数据源自国家科技基础条件平台-国家生态科学数据中心(<http://www.nesdc.>

2022年11月

org.cn)中2000—2020年中国30 m年最大NDVI数据集<sup>[27]</sup>;以上数据除DEM数据以外均为2010年和2020年两年数据。

社会经济统计数据包括:工业产值数据来源于《中国城市统计年鉴》;京津冀城市各行业从业人数来源于《中国城市统计年鉴》;旅游收入数据和GDP数据来源于《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》和《河北统计年鉴》;由于数据年份限制,以及为了抵消2020年新冠疫情对产业发展的影响,收集数据为2010年和2019年两年数据。

### 3 研究方法

#### 3.1 “三生”空间识别

结合现有“三生”空间识别方法,以各个土地利用类型的“三生”功能为基础,结合适宜性修正指标进行“三生”空间的识别。参考相关文献<sup>[6,16,28]</sup>,赋予各用地类型“三生”空间功能值如表1,分值越高代表该类具有该类功能强度越高,在生产功能方面包括有自然生产功能和工业生产功能,本文自然生

产功能指能够产出绿色初级产物、自然加工食物与工业原材料的功能,耕地功能强度最高,赋值为3,林地、草地两类也能生产一定量的食物,赋值为2,而灌木地、水域仅有少量食物生产,赋值为1,其余地类几乎没有自然生产功能,赋值为0。工业生产功能是指提供工业品等非生物物质产品的功能,生活功能是指满足人类居住、消费、娱乐、医疗、教育等需求的功能<sup>[2,3]</sup>,仅有建设用地具有这些功能,赋值为3,其余地类赋值为0。生态功能是指提供生态产品和服务<sup>[2]</sup>、保护区域生态环境安全<sup>[28]</sup>的功能,耕地的生态功能相较于林地、草地等稍弱,将其生态功能赋值为2,而建设用地几乎不具备生态功能,赋值为0,其余地类赋值为3。

“三生”功能除了应该考虑土地利用类型这一基础以外,还受到各种自然社会因素的影响,从而同一地类的“三生”功能强度有所不同,需要通过适宜性指标进行修正。本文参考相关文献<sup>[1,6,29]</sup>,综合考虑指标可得性、可衡量性与现实性等指标选取原则,在栅格尺度上确定如下适宜性评价指标体系(表2)。对于自然生产功能,主要受到自然地理条件因素影响较大,选取坡度与植被净初级生产力(NPP)评价自然生产适宜性,坡度依据耕地坡度分级标准分5类赋值,NPP采用2010年和2020年的自然间断点值的平均值作为最终的分级间断点值。在生活-工业生产功能方面,地均工业产值能够表征消除空间面积影响的工业产值,将其标准化处理后均分为5级;城市中心的各项基础设施建设最为完善,生活功能值最高,因此以距城市中心距离来修正生活功能是可行的,以5 km为单位分级。在生态功能方面,通过归一化植被指数(NDVI)数值基于公式(1)计算植被覆盖度<sup>[30]</sup>,植被覆盖度越高的区域其生态功能也相对越高,同样基于两年的自然间断点的平均值作为划分标准。

表1 京津冀城市群土地利用分类体系及“三生”功能分值

Table 1 Land use classification system and production-living-ecological functional assessment of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration

土地利用类型	生产功能		生活功能	生态功能
	自然生产功能	工业生产功能		
耕地	3	0	0	2
林地	2	0	0	3
草地	2	0	0	3
灌木地	1	0	0	3
湿地	0	0	0	3
水域	1	0	0	3
冰川和永久积雪	0	0	0	3
裸地	0	0	0	3
建设用地	0	3	3	0

表2 京津冀城市群“三生”空间适宜性修正指标体系

Table 2 Indicators for suitability evaluation of production-living-ecological space in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration

空间功能	评价因子	适宜性等级/赋值				
		高/1.00	较高/0.75	中/0.50	较低/0.25	低/0.00
自然生产功能	坡度/°	≤2	(2, 6]	(6, 15]	(15, 25]	> 25
	NPP/(gC/m <sup>2</sup> )	> 462.424	(390.523, 462.424]	(323.319, 390.523]	(257.527, 323.319]	≤257.527
生活-工业生产功能	地均工业产值标准化值/%	> 80	(60, 80]	(40, 60]	(20, 40]	≤20
	距城市中心距离/km	≤5	(5, 10]	(10, 15]	(15, 20]	> 20
生态功能	植被覆盖度	> 0.731	(0.611, 0.731]	(0.473, 0.611]	(0.249, 0.473]	≤0.249



$$C=\frac{NDVI-NDVI_{\min}}{NDVI_{\max}-NDVI_{\min}} \tag{1}$$

式中： $C$  为植被覆盖度； $NDVI$  为归一化植被指数值； $NDVI_{\max}$  和  $NDVI_{\min}$  分别为所有栅格单元中归一化植被指数值的最大值和最小值。

基于以上指标体系的构建,得到最终“三生”功能分值计算公式如下：

$$G_{xy}=P_{xy}\times(1+F_{xy}) \tag{2}$$

式中： $G_{xy}$  为第  $x$  个栅格第  $y$  类“三生”功能的最终分值； $P_{xy}$  为第  $x$  个栅格第  $y$  类“三生”功能的土地利用类型功能分值； $F_{xy}$  为第  $x$  个栅格第  $y$  类“三生”功能的适宜性分值。

本文采用复合空间的分类方法,比较同一栅格下的不同功能分值,其中生活与工业生产功能分值相同不区分先后顺序,其余依次按照分值大小顺序从左到右命名空间类型,最终得到京津冀城市群的“三生”空间分类(表3),分别为自然生产-生态空间、生态-自然生产空间、生态空间和生活-工业生产空间。

3.2 城市职能类型划分

参考纳尔逊城市职能分类方法<sup>[24]</sup>,城市职能强度可表示为高于平均值以上标准差的数量,职能强

度大于0的都视为该城市具有该专业化职能<sup>[25]</sup>,计算方法如下：

$$M=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n x_{ij} \tag{3}$$

$$SD=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^n (x_{ij}-M)^2} \tag{4}$$

$$F_{ij}=(x_{ij}-M)/SD \tag{5}$$

式中： $M$  为区域内某一行业的从业人数比重的算术平均数； $n$  为区域内城市数量； $x_{ij}$  为  $i$  城市的  $j$  行业从业人数占该城市从业总人数的比重； $SD$  为标准差； $F_{ij}$  表示  $i$  城市  $j$  行业的职能强度。

在旅游城市指标评价选择上,参考成英文等<sup>[31]</sup>提到的方法评价城市旅游发展专业化状况,用旅游总收入与GDP的比重这一旅游地位指标来衡量。

根据城市职能强度划分城市类型,选择每个城市职能强度与旅游地位最强的职能作为其优势职能,按照表4归并行业部门分类划定城市类型<sup>[20,23]</sup>。当出现同类型城市时,职能强度低于最高值的城市均为弱职能城市,其中宜居城市中的4项职能作为宜居度测算因子,不用于城市类型划分,旅游地位由于统计数据类型与来源不一致,不与职能强度进行相关统计计算。

表3 京津冀城市群“三生”空间分类体系

Table 3 Classification system of production-living-ecological space in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration

“三生”空间类型	“三生”空间功能内涵
自然生产-生态空间	能够同时提供自然生产功能与生态功能的空间,并且自然生产功能分值高于生态功能分值
生态-自然生产空间	能够同时提供生态功能与自然生产功能的空间,并且生态功能分值高于自然生产功能分值
生态空间	能够发挥生态功能的空间,保护区域生态环境安全
生活-工业生产空间	能够同时提供生活功能与工业生产功能的空间,满足人类居住、消费、娱乐、医疗、教育等需求的空间

表4 行业部门分类与城市类型对应关系

Table 4 Correspondence between industrial sector classification and city type

城市类型	行业部门分类	城市类型	行业部门分类
资源开发城市	采矿业	科技信息城市	信息传输、计算机服务和软件业
	电力、燃气及水的生产和供应业		科学研究、技术服务和地质勘查业
制造生产城市	制造业	行政职能城市	公共管理社会保障和社会组织
	建筑业		教育业
交通枢纽城市	交通运输、仓储和邮政业	宜居城市	卫生、社会保障和社会福利业
商业金融城市	批发和零售业		水利环境和公共设施管理业
	住宿餐饮业		文化体育和娱乐业
	租赁和商业服务业		居民服务、修理和其他服务业
	金融业		
	房地产业		



2022年11月

## 4 结果与分析

### 4.1 “三生”空间格局分析

从京津冀城市群“三生”空间分布(图1)可以看出,京津冀城市群“三生”空间分布规律明显,与自然地理条件紧密相关,以太行山与燕山山脉为主的北部与西部空间多为生态-自然生产空间,地类多为林地与草地,生态空间主要分布在沿海地区的裸地部分,中南部平原地区则为自然生产-生态空间,其中穿插着以各大城市中心为主体的生活-工业生产空间。从具体的城市来看,城市群北部的张家口市和承德市生态-自然生产空间分布集中,是重要的生态涵养区与城市群的环境保护屏障;中南部平原地区的城市如廊坊市、衡水市、邢台市和邯郸市等自然生产-生态空间占据主要地位,作为城市群的粮食生产基地;而直辖市与省会城市因其承载人

数与工业生产功能较强所以生活-工业生产空间相对较多。

京津冀城市群 2010—2020 年“三生”空间面积转移矩阵如表 5 所示,同时选取转移面积最大的 5 类绘制于 2010—2020 年京津冀城市群“三生”空间转移分布图(图 2)中,由表 5 可以看出 4 类空间在 10 年间均有不同程度的转换,其中生活-工业生产空间扩张较大,转入来源中其余 3 类空间均有涉及,可以看出该类空间在空间转换中的优先级较高,如有扩张发展需要则会侵占其余 3 类空间,并且生活-工业生产空间多为建设用地,一旦转换则很难再恢复到之前的空间状态,因此该类空间几乎没有转出。生态-自然生产空间与生态空间是减少面积最多的空间,这一部分减少空间新增为山地与高原地区大量的耕地,以弥补被生活-工业生产空间所侵占的

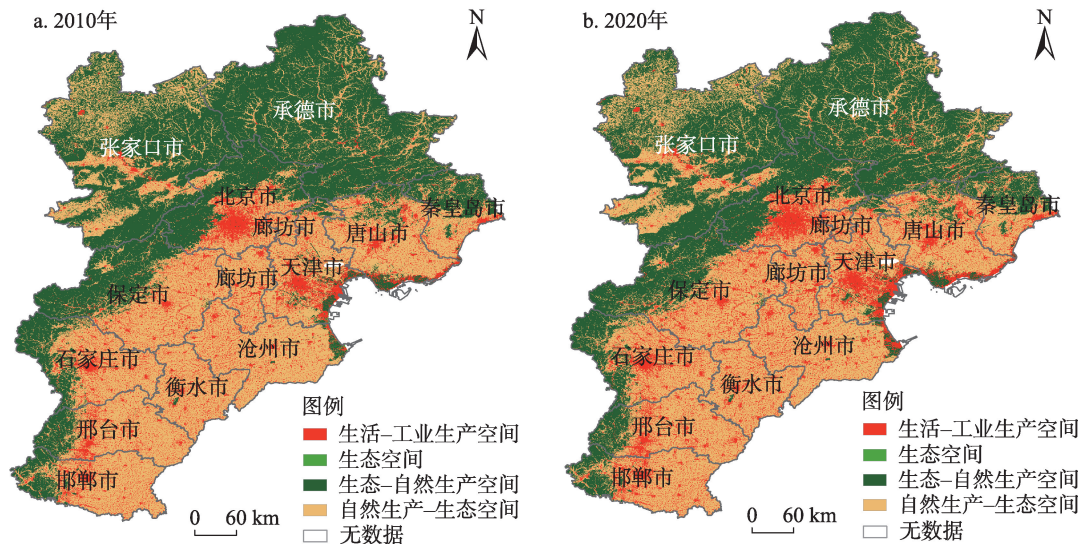


图1 2010年与2020年京津冀城市群“三生”空间分布图

Figure 1 Spatial distribution of production-living-ecological space in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, 2010 and 2020

注:基于自然资源部标准地图服务网站GS(2016)2556号标准地图制作,底图边界无修改。

表5 2010—2020年京津冀城市群“三生”空间面积转移矩阵(km<sup>2</sup>)

Table 5 Transfer matrix of the production-living-ecological space area in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, 2010-2020 (km<sup>2</sup>)

年份	“三生”空间类型	2020年				转出合计
		生活-工业生产空间	生态空间	生态-自然生产空间	自然生产-生态空间	
2010年	生活-工业生产空间	26495.48	0.75	221.62	19.42	26737.27
	生态空间	93.07	36.78	41.89	7.38	179.12
	生态-自然生产空间	777.60	21.60	82325.17	7081.55	90205.92
	自然生产-生态空间	4865.61	2.48	3062.20	90489.04	98419.32
	转入合计	32231.76	61.61	85650.88	97597.38	215541.63
	净变化	5494.49	-117.51	-4555.04	-821.94	

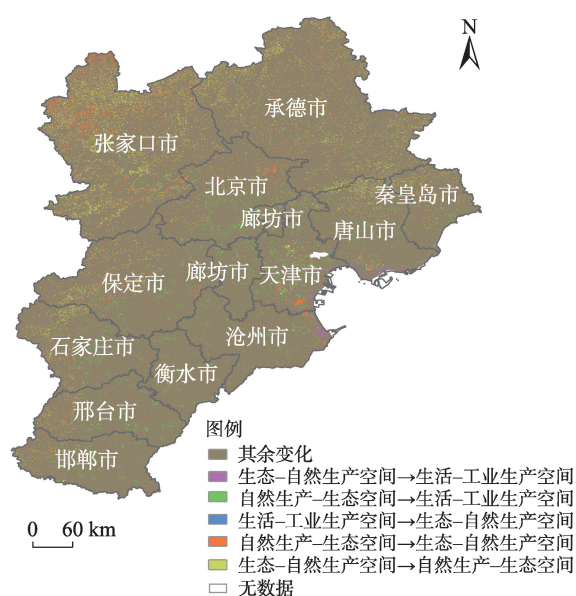


图2 2010—2020年京津冀城市群“三生”空间转移分布图

Figure 2 Distribution of the production-living-ecological space transfer in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, 2010-2020

注:基于自然资源部标准地图服务网站GS(2016)2556号标准地图制作,底图边界无修改。

以往优质的自然生产-生态空间,同时随着生态文明建设的推进,各个地区的水库、湿地等生态-自然生产空间的面积明显增大,可见生态保护成效显著。值得注意的是生态-自然生产空间与自然生

产-生态空间之间的互相转换面积较大,其总的转换面积达到10143.75 km<sup>2</sup>,而空间的转换是需要成本的,比如为了补充生态空间而撂荒已经开垦好的农业用地,这种农业开垦在一定程度上是一种浪费<sup>[32]</sup>,因此在空间利用方面应该做好相应的规划来减少空间之间的相互转换。

#### 4.2 “三生”空间功能分析

通过适宜性修正后将自然生产和生态空间进行合并,比较二者在同一栅格上的功能分值大小,功能分值以3为界线,>3为高值(H)类,≤3为低值(L)类,按功能值大小顺序命名,最终分类为HH<sub>1</sub>(高生态-高自然生产)、HH<sub>2</sub>(高自然生产-高生态)、HL(高自然生产-低生态)、LH(低自然生产-高生态)、LL<sub>1</sub>(低生态-低自然生产)、LL<sub>2</sub>(低自然生产-低生态)以及生态空间7种类型,得到京津冀城市群自然生产和生态功能分布图(图3)。在2010年,平原地区空间多为HH<sub>2</sub>类,表明两个空间功能均为高值,在此类空间中虽然自然生产功能高于生态功能,但是其也发挥出较强的生态功能,不可忽视其生态价值。对于生态-自然生产空间来说,西部的空间多为LH类,再往北移逐步增多HH<sub>1</sub>类,表明北部生态空间的自然生产适宜性逐步提升,具备一定的自然生产功能,可以作为后备自然生产资源。

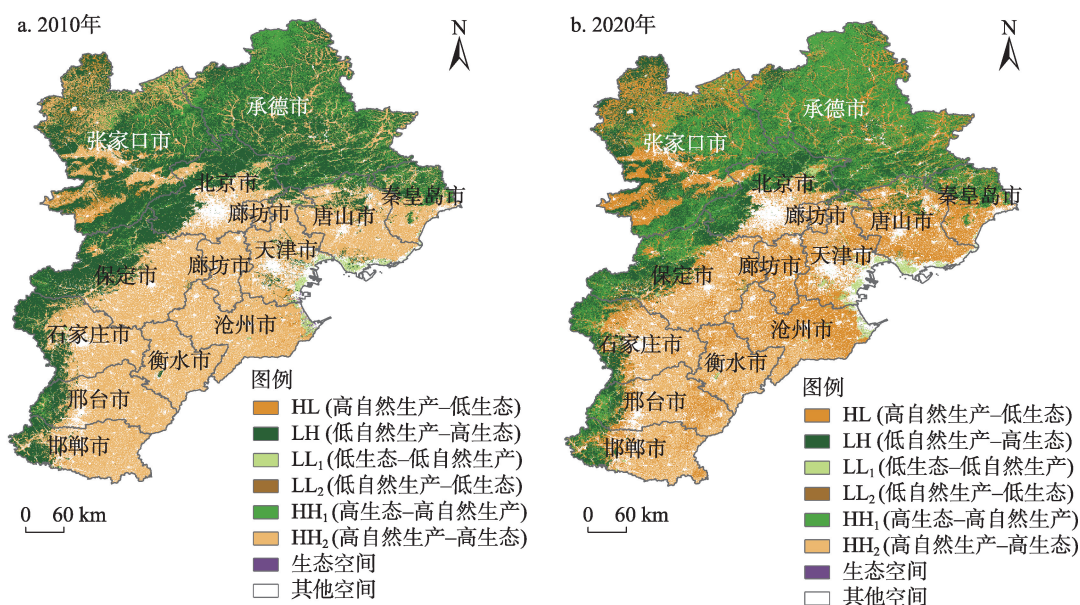


图3 2010年与2020年京津冀城市群自然生产和生态功能分布图

Figure 3 Distribution of natural production and ecological functions of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, 2010 and 2020

注:基于自然资源部标准地图服务网站GS(2016)2556号标准地图制作,底图边界无修改。



2022年11月

到2020年,空间类型发生明显变化,平原与山地地区HL类显著增多,由以往HH<sub>2</sub>类转为HL类,说明这部分空间的生态功能有所下滑,功能强度由高值下降到低值,这与10年之间的植被覆盖度降低有关。对于生态-自然生产空间,西部与北部增加了由LH类空间转变的HH<sub>1</sub>类空间,该类空间的自然生产功能由低值增加到高值,表明自然生产功能在10年间有了较大提升,这与京津冀地区NPP的增长<sup>[33]</sup>有关。在沿海地区有部分HH<sub>2</sub>类、HL类空间转为LL<sub>1</sub>类空间,这表明沿海地区人工性较强的水产养殖会使自然生产与生态功能都有所下降。

统计被生活-工业生产空间侵占的2010年自然生产-生态空间的功能强度值发现,被侵占的自然生产-生态空间的自然生产功能值大都处于3以上,面积加权平均功能值为4.95,其中功能值为(2,3]的空间面积仅有3.49 km<sup>2</sup>,功能值为(3,4]的空间面积有379.01 km<sup>2</sup>,功能值为(4,5]的空间面积达4324.44 km<sup>2</sup>,占全部转移空间面积的88.88%,是转移空间中最最多的一类,功能值为(5,6]的空间面积为158.66 km<sup>2</sup>,由该统计值可以看出被侵占的自然生产-生态空间的自然生产功能强度平均值较高,具有较高的自然生产水平。反观2020年由生态-自然生产空间新增的自然生产-生态空间,其面积加权平均功能值为4.74,其中功能值为(3,4]的空间面积达2935.10 km<sup>2</sup>,功能值为(4,5]的空间面积达

2985.95 km<sup>2</sup>,功能值为(5,6]的空间面积达1129.17 km<sup>2</sup>,由此可知新增自然生产-生态空间的中等功能值空间增多,而较高功能值空间减少,整体功能强度降低,表明新增自然生产-生态空间的自然生产适宜性有所下降。

以建设用地功能赋值为基础,加以生活-工业生产功能适宜性评价指标修正得到京津冀城市群生活-工业生产功能分布图(图4)。由图4可以看出在2010年,生活-工业生产功能强度最高值区域分布零散,其中北京市面积最大,由适宜性评价指标可知,其夜间灯光亮度高值区域的面积较大,表明人民生活范围较广、人口密度较高,因此生活空间适宜性也相应较高,同时其在所有城市中地均工业产值标准化值达到73.11%,也处于中等水平,因此北京市的生活-工业生产功能处于较高水平,适宜发展城市第二、三产业;其次是天津市,其地均工业产值在所有城市中最高,同时作为直辖市也承载着较多人口,因此生活-工业生产功能较强;唐山市与承德市也有部分城市中心地区的生活-工业生产功能达到最大值,这是由于这两个城市的地均工业产值处于前列。到2020年,北京市、天津市与唐山市的生活-工业生产功能依然处于前列,而承德市功能值有所下降,这与其地均工业产值的下降有关,说明承德市正由工业生产转向其他产业。保定市的生活-工业生产功能高值区有所扩大,主要由于

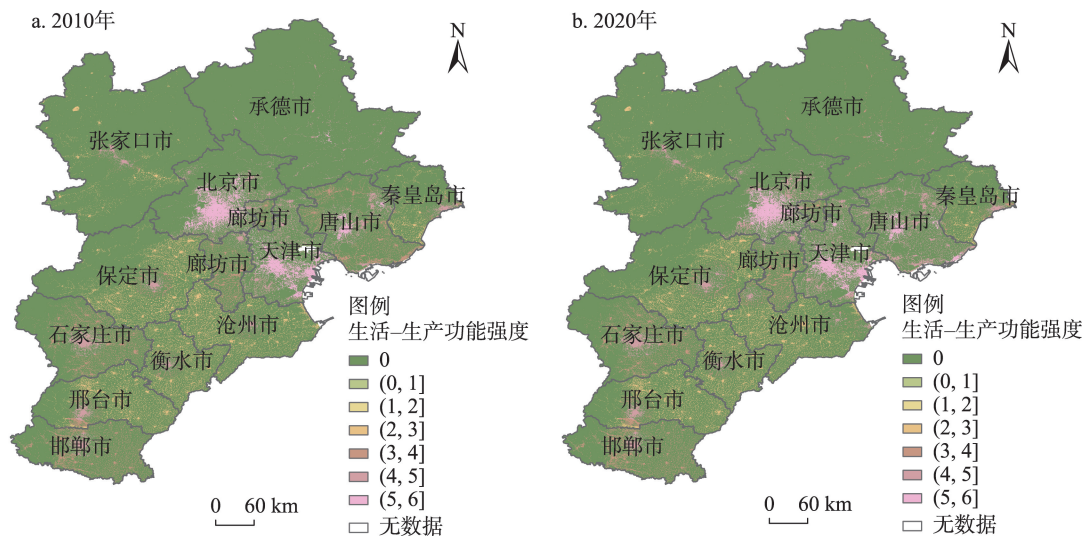


图4 2010年与2020年京津冀城市群生活-工业生产功能分布图

Figure 4 Distribution of living-industrial production functions of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, 2010 and 2020

注:基于自然资源部标准地图服务网站GS(2016)2556号标准地图制作,底图边界无修改。



人口活动强度增加导致的夜间灯光亮度高值区域面积增加,同时对比两张图发现,沧州市生活-工业生产功能高值区域发生变化,由单中心变为左右双中心,原来的城市中心人类活动强度降低,向左右迁移扩散,其余城市的生活-工业生产功能变化较小。

4.3 城市职能类型与“三生”空间耦合分析

4.3.1 城市职能分类

依据城市各个行业从业人数比重确定城市职能强度,以此对城市进行分类得到2010年与2019年京津冀城市职能强度与城市类型(表6)以及城市

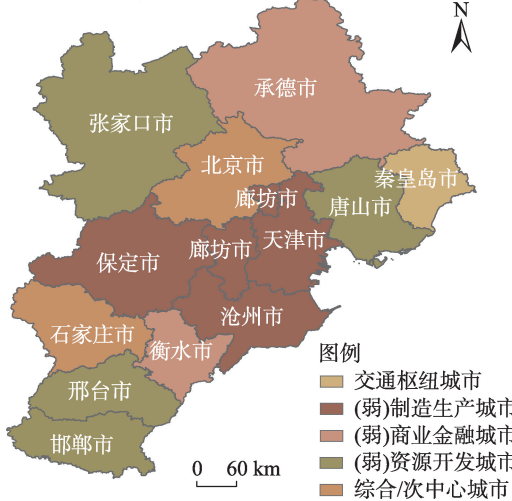
职能分工布局(图5)。总体来看,拥有的专业化职能越多代表其职能多样性越高,在2010年北京市、天津市、承德市和廊坊市拥有最多的6项专业化职能;到2019年,城市职能多样性普遍有所提高,仅有承德市、廊坊市和衡水市职能多样性有所下降,职能多样性最高的是北京市、天津市和石家庄市这3个中心城市。职能强度标准差反映城市内各职能的离散程度,如果标准差较大表明职能之间的专业化程度差异较大。在2010年,北京市、天津市、秦皇岛市和衡水市的职能强度标准差较高,表明其特色

表6 2010年与2019年京津冀城市职能强度和城市类型

Table 6 Urban functional intensities and urban type of cities in the Beijing-Tianjin-Hebei region, 2010 and 2019

城市	2010年			2019年		
	专业化职能数量	职能强度标准差	城市类型	专业化职能数量	职能强度标准差	城市类型
北京市	6	1.94	综合中心城市	7	1.91	综合中心城市
天津市	6	1.28	制造生产城市	8	1.37	次中心城市
石家庄市	5	0.61	次中心城市	7	0.65	次中心城市
唐山市	3	0.78	弱资源开发城市	4	0.95	资源开发城市
秦皇岛市	4	1.01	交通枢纽城市	5	0.67	弱旅游城市
邯郸市	4	0.65	资源开发城市	4	0.82	弱资源开发城市
邢台市	3	0.78	弱资源开发城市	3	0.79	弱资源开发城市
保定市	4	0.87	制造生产城市	6	0.77	弱制造生产城市
张家口市	4	0.59	弱资源开发城市	6	0.77	弱旅游城市
承德市	6	0.76	弱商业金融城市	4	0.58	旅游城市
沧州市	5	0.92	弱制造生产城市	5	0.62	商业金融城市
廊坊市	6	0.86	弱制造生产城市	5	1.01	制造生产城市
衡水市	4	0.93	商业金融城市	3	0.89	弱资源开发城市

a. 2010年京津冀城市类型



b. 2019年京津冀城市类型

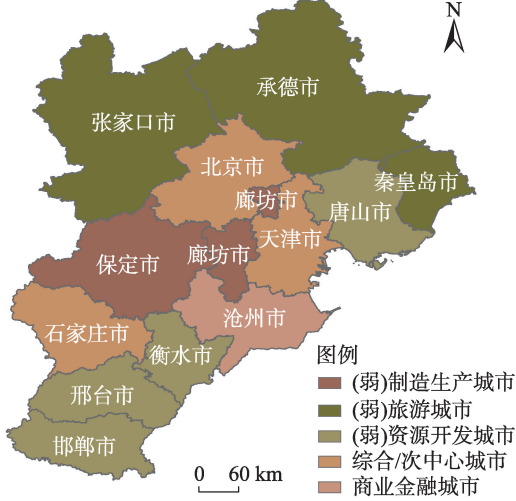


图5 2010年与2019年京津冀城市职能分工布局

Figure 5 Distribution of urban functions of cities in the Beijing-Tianjin-Hebei region, 2010 and 2019

注:基于自然资源部标准地图服务网站GS(2016)2556号标准地图制作,底图边界无修改。

2022年11月

突出,具有各自的长项职能,而张家口市、石家庄市和邯郸市的城市职能强度标准差较低,说明这些城市的职能分工并不明确;到2019年,北京市、天津市的标准差依然较高,同时廊坊市的职能强度标准差也达到了1以上,表明廊坊市的职能分工逐渐明确,而秦皇岛市、沧州市和承德市的标准差下降较多,表明这些城市的特色职能尚不突出。

由城市职能分工布局图可知,京津冀城市群以北京市为综合中心,围绕中心城市分布的外围城市职能类型多以第二产业为主,同时城市职能类型也较为单一,外围城市与中心城市的职能分工尚不明确,并未构成城市群之间良好的协作。世界发育成熟的城市群职能结构多以综合服务城市为中心,以制造业和专业化服务业为外围城市职能,包括交通、旅游、商业、金融、信息、科技等职能<sup>[34]</sup>,因此目前京津冀城市群中,北京市承担过多的专业化服务职能,这些专业化职能需要分工给外围城市,尤其是要促进资源开发这一类可持续发展职能的转变,合理设计区域产业结构<sup>[35]</sup>。

#### 4.3.2 各类城市“三生”空间评价

通过计算各市2020年“三生”空间面积比例减去2010年“三生”空间面积比例得到京津冀城市“三生”空间面积比例变化表(表7),由表7可以看出,北京市始终作为城市群的综合中心城市,在10年间由

于城市扩张发展,自然生产-生态空间不断地向生活-工业生产空间转变,而生态-自然生产空间有小幅减少,和同类型的次中心城市天津市与石家庄市相比,天津市与北京市变化情况类似,但其生活-工业生产空间增加比例在全部城市中最高,表明其10年间城市扩张发展程度较大;而石家庄市的自然生产-生态空间面积的减少相对较小,与生态-自然生产空间共同构成了生活-工业生产空间的增加。资源开发城市中唐山市的“三生”空间变化与其他弱资源开发城市不同,其生态-自然生产空间减少比例较大,而其他弱资源开发城市的生态-自然生产空间比例只有小幅度降低,邯郸市、邢台市和衡水市逐渐走向资源衰竭阶段。

秦皇岛市、张家口市与承德市这3个旅游城市的“三生”空间变化较为类似,全部城市中仅有这3个城市的自然生产-生态空间有所增加,且均由生态-自然生产空间转变为其他空间,其中秦皇岛市从交通枢纽城市转型为弱旅游城市,但也由于其沿海的区位优势,交通通信这一城市职能仍然需要作为其专业化职能不断加强,由生态-自然生产空间转向的生活-工业生产空间也要倾向于交通通信职能空间的供给。承德市由弱商业金融城市转型为旅游城市,适当地增加生活-工业生产空间对于其各行各业都有一定的帮助,张家口市由弱资源开发城市转型为弱旅游城市,属于资源枯竭型城市的转型,这2个城市在转型后的可持续发展中更要重视生态空间的保护来不断地促进旅游业做大。保定市和廊坊市都为制造生产城市,保定市的空间变化幅度较小,而廊坊市的生活-工业生产空间增加5.78%,仅次于天津市的增长幅度,其制造生产职能也更加专业化,但过快的增多带来了自然生产-生态空间的严重减少,需要长远规划自身发展路径。沧州市从弱制造生产城市转变为商业金融城市,空间变化主要为自然生产-生态空间转为生活-工业生产空间,该类转变能够促进行业发展,但同时也要防止城市的快速扩张造成的空间浪费。

## 5 讨论与结论

### 5.1 讨论

通过京津冀城市群“三生”空间的识别,可以得知随着城市空间的不断扩张发展,生产、生态空间在不断减少,要素数量不断减少的同时为了满足人

表7 2010-2020年京津冀城市“三生”空间面积比例变化表(%)

Table 7 Changes of areal proportion of production-living-ecological space of cities in the Beijing-Tianjin-Hebei region, 2010-2020 (%)

城市	生活-工业生产空间	生态空间	生态-自然生产空间	自然生产-生态空间
北京市	2.78	0.00	-0.12	-2.66
天津市	5.99	-0.28	-1.20	-4.52
石家庄市	3.51	-0.01	-1.89	-1.61
唐山市	4.36	-0.02	-3.30	-1.05
秦皇岛市	2.29	0.00	-2.35	0.07
邯郸市	3.49	0.00	-0.55	-2.94
邢台市	3.29	0.00	-0.69	-2.60
保定市	2.64	0.00	-1.39	-1.25
张家口市	0.73	-0.03	-4.22	3.51
承德市	0.59	0.00	-3.77	3.18
沧州市	4.13	-0.46	-0.06	-3.61
廊坊市	5.78	-0.07	0.13	-5.84
衡水市	2.48	0.00	-0.04	-2.44

们对于相应功能服务的需求,就必须提升要素的利用效率,多功能开发便可以提升区域全要素的利用效率和区域承载力,因此在“三生”空间识别中,多功能复合空间的划定是有必要的。同时不同地域的同类空间发挥着不同的空间功能组合,就如京津冀城市群中的自然生产-生态空间,在平原地区其两项功能强度均处于高值,能够发挥较好的自然生产与生态功能,而在部分山地地区其自然生产功能强度较高,但生态功能就不如平原地区,因此空间的主体功能和次要功能发挥的重要性不同,但也不可忽视次要功能的重要性。目前在国内外新冠疫情与俄乌战争的影响下,食物安全的保障受到了密切的关注,京津冀地区10年间自然生产用地不断减少,未来更应该注重空间的多功能开发利用,比如耕地不仅要承担粮食生产的功能,部分也可以发展区域生态功能、城镇隔离功能和居民休闲娱乐功能等;在城市生活空间中也可以发展自然生产和生态功能,如绿色屋顶、阳台农业等,将自然生产功能融入城市功能成为城市功能的一部分。

在对京津冀2010—2020年“三生”空间转移情况进行分析时发现,生态-自然生产空间与自然生产-生态空间之间的互相转换面积较大,并且这只是2020年与2010年当年的空间利用状态的对比,在10年间还有可能发生生态转为自然生产又转为生态空间的这种看似无变化实则已经转换两次的情况,比如一些为了补充生态空间而撂荒的已经开垦好的农业用地,这种农业开垦在一定程度上是一种浪费<sup>[32]</sup>,所以空间之间的相互转换面积可能更大,而空间的转换是需要成本的,因此需要制定国土空间规划来减少空间之间的相互转换,这也是国土空间规划的重要性与紧迫性所在。

耦合城市职能类型进行“三生”空间评价,有助于对城市“三生”空间进行全面的管控引导,依据职能类型与“三生”空间变化也能更准确地反映城市发展状况。在本文中结合职能类型与“三生”空间变化可以判断唐山市处于资源开发阶段,随着资源开发过程的推进,唐山市需要注重转型发展,而邯郸市、邢台市则走向资源衰竭阶段,迫切需要转型,可以参考承德市和张家口市这两个资源城市的转型发展,依据自身地理与社会经济条件确定未来发展方向。

本文采用以土地利用类型为基础结合“三生”空间适宜性进行修正的方法识别“三生”空间,首先土地利用覆盖类型作为自然条件与人类活动共同作用的结果,其很大程度上已经限制了空间利用类型,因此将土地利用类型作为“三生”空间识别的基础;而空间适宜性表征在该空间上是否适合发挥某一“三生”功能,这与评价功能质量类似,都需要针对特定的用途来评价质量的高低,所以加以适宜性指标进行修正可以帮助评价功能质量,以此来区分多功能空间的主次功能。本文同时提出自然生产功能代替原有普遍的农业生产功能,认为除了工业生产以外不仅只有农业生产这一种类型,并且随着城乡居民膳食结构的改变,果蔬、牛奶等食物需求大大提升,因此需要关注多种绿色初级产物、自然加工食物与工业原材料,也因此除耕地以外的多种土地利用类型同样具有一定的自然生产功能。但本文尚未区分生活与工业生产空间,在未来的研究可以选择分类更详细的土地利用类型产品作为“三生”空间识别的基础,同时在适宜性指标选取上应增加更多的自然条件与社会经济指标,以此评价更全面的“三生”空间适宜性。

## 5.2 结论

本文以土地利用类型的“三生”功能为基础,结合适宜性指标进行修正评价得到最终“三生”功能分值,以此识别京津冀城市群“三生”空间,同时参考纳尔逊城市职能分类方法对京津冀城市群进行职能分类,评价职能空间结构合理性,并与“三生”空间进行耦合分析评价各类城市的“三生”空间变化。主要研究结论如下:

(1)京津冀城市群“三生”空间分异特征显著,在坝上高原地区生态-自然生产空间与自然生产-生态空间互相穿插,在山地地带主要为生态-自然生产空间,在平原地区主要为自然生产-生态空间,生活-工业生产空间零星分布于各个空间之中。2010—2020年4类空间之间均有不同程度的转换,其中生态-自然生产空间转为自然生产-生态空间面积最大。

(2)京津冀城市群“三生”空间中复合功能空间居多,平原地区分布有大面积的高自然生产与高生态功能并存的空间,对比自然生产-生态空间转入转出部分的自然生产功能强度值,发现新增自然生



2022年11月

产-生态空间自然生产适宜性有所下降。10年间平原地区的一部分自然生产-生态空间生态功能有所下滑,山地和高原地区的一部分生态-自然生产空间自然生产功能有了提升。

(3)京津冀城市群职能结构分工不明确。目前京津冀城市群中,北京市承担过多的专业化服务职能,而外围城市目前多承担第二产业职能,这些专业化服务职能需要分工给外围城市,同时相同职能类型的城市拥有相似的“三生”空间变化。

### 参考文献(References):

- [1] 张永蕾, 栾乔林, 熊昌盛, 等. 基于多源空间数据的“三生”空间异质性评价与分区划定[J]. 农业工程学报, 2021, 37(10): 214-223. [Zhang Y L, Luan Q L, Xiong C S, et al. Spatial heterogeneity evaluation and zoning of production-living-ecological space based on multi-source spatial data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 37(10): 214-223.]
- [2] 黄安, 许月卿, 卢龙辉, 等. “生产-生活-生态”空间识别与优化研究进展[J]. 地理科学进展, 2020, 39(3): 503-518. [Huang A, Xu Y Q, Lu L H, et al. Research progress of the identification and optimization of production-living-ecological spaces[J]. Progress in Geography, 2020, 39(3): 503-518.]
- [3] 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.]
- [4] 李广东, 方创琳. 城市生态-生产-生活空间功能定量识别与分析[J]. 地理学报, 2016, 71(1): 49-65. [Li G D, Fang C L. Quantitative function identification and analysis of urban ecological-production-living spaces[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(1): 49-65.]
- [5] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J]. 地理学报, 2017, 72(7): 1290-1304. [Liu J L, Liu Y S, Li Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of “production-living-ecological” spaces in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(7): 1290-1304.]
- [6] 夏敏, 冯新惠, 夏俊林, 等. 综合土地多功能与适宜性的南京市溧水区“三生”空间划定[J]. 农业工程学报, 2021, 37(16): 242-250. [Xia M, Feng X H, Xia J L, et al. Delineation of production-living-ecological space in Lishui District of Nanjing based on land multi-functions and suitability[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 37(16): 242-250.]
- [7] 李江苏, 孙威, 余建辉. 黄河流域三生空间的演变与区域差异: 基于资源型与非资源型城市的对比[J]. 资源科学, 2020, 42(12): 2285-2299. [Li J S, Sun W, Yu J H. Change and regional differences of production-living-ecological space in the Yellow River Basin: Based on comparative analysis of resource-based and non-resource-based cities[J]. Resources Science, 2020, 42(12): 2285-2299.]
- [8] 农宵宵, 吴彬, 陈铁中, 等. 基于“三生”功能的柳州市国土空间适宜性评价[J]. 规划师, 2020, 36(6): 26-32. [Nong X X, Wu B, Chen T Z, et al. Evaluation of national land use and space for functions of “Production, Life, Ecology”, Liuzhou[J]. Planners, 2020, 36(6): 26-32.]
- [9] 王检萍, 余敦, 孙聪康, 等. 国土空间规划背景下村域“三生”空间划定与实证研究[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(11): 265-275. [Wang J P, Yu D, Sun C K, et al. The demarcation and empirical research on “production-living-ecological” space in village area under background of land space planning[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021, 42(11): 265-275.]
- [10] 赵宏波, 魏甲晨, 孙东琪, 等. 大城市内部“生产-生活-生态空间”多尺度耦合协调度: 以郑州市为例[J]. 资源科学, 2021, 43(5): 944-953. [Zhao H B, Wei J C, Sun D Q, et al. Multi-scale analysis on the coupling coordination degree of production-living-ecological spaces in cities: A case study of Zhengzhou City [J]. Resources Science, 2021, 43(5): 944-953.]
- [11] 陈美景, 王庆日, 白中科, 等. 碳中和愿景下“三生空间”转型及其碳储量效应: 以贵州省为例[J]. 中国土地科学, 2021, 35(11): 101-111. [Chen M J, Wang Q R, Bai Z K, et al. Transition of “Production-Living-Ecological” space and its carbon storage effect under the vision of carbon neutralization: A case study of Guizhou Province[J]. China Land Science, 2021, 35(11): 101-111.]
- [12] 廖李红, 戴文远, 陈娟, 等. 平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析[J]. 资源科学, 2017, 39(10): 1823-1833. [Liao L H, Dai W Y, Chen J, et al. Spatial conflict between ecological-production-living spaces on Pingtan Island during rapid urbanization [J]. Resources Science, 2017, 39(10): 1823-1833.]
- [13] 江曼琦, 刘勇. “三生”空间内涵与空间范围的辨析[J]. 城市发展研究, 2020, 27(4): 43-48. [Jiang M Q, Liu Y. Discussion on the concept definition and spatial boundary classification of “Production-Living-Ecological” space[J]. Urban Development Studies, 2020, 27(4): 43-48.]
- [14] 扈万泰, 王力国, 舒沐晖. 城乡规划编制中的“三生空间”划定思考[J]. 城市规划, 2016, 40(5): 21-26. [Hu W T, Wang L G, Shu M H. Reflections on delimiting the three basic spaces in the compilation of urban and rural plans[J]. City Planning Review, 2016, 40(5): 21-26.]
- [15] 赖国华, 胡宝清, 李敏, 等. 桂西南-北部湾地区“三生”空间适宜性评价[J]. 水土保持通报, 2020, 40(6): 221-227. [Lai G H, Hu B Q, Li M, et al. Evaluation on spatial suitability of ecological-living-industrial in Southwestern Guangxi-Beibu Gulf region[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(6): 221-227.]
- [16] 武爱彬. 京津冀区域“三生空间”分类评价与格局演变[J]. 中国

- 农业资源与区划, 2019, 40(11): 237–242. [Wu A B. Classification evaluation and pattern evolution of production–living–ecological spaces in Beijing–Tianjin–Hebei region[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40(11): 237–242.]
- [17] 隋虹均, 宋戈, 张红梅. 松嫩平原北部粮食主产区克山县三生空间识别[J]. 农业工程学报, 2020, 36(19): 264–271. [Sui H J, Song G, Zhang H M. Identification of production–living–ecological space at Keshan County level in main grain producing areas in northern Songnen Plain, China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(19): 264–271.]
- [18] 方远平, 彭婷, 陆莲芯, 等. 粤港澳大湾区城市职能演变特征与影响因素[J]. 热带地理, 2019, 39(5): 647–660. [Fang Y P, Peng T, Lu L X, et al. Characteristics and influencing factors of urban function evolution in the Guangdong–Hong Kong–Macao greater bay area[J]. Tropical Geography, 2019, 39(5): 647–660.]
- [19] 曾春水, 申玉铭, 李哲, 等. 京津冀城市职能演变特征与优化对策[J]. 经济地理, 2018, 38(9): 67–77. [Zeng C S, Shen Y M, Li Z, et al. Evolutional characteristics and optimization countermeasures of urban functions in Beijing–Tianjin–Hebei Urban Agglomeration[J]. Economic Geography, 2018, 38(9): 67–77.]
- [20] 劳昕, 张远, 沈体雁, 等. 长江中游城市群城市职能结构特征研究[J]. 城市发展研究, 2017, 24(11): 111–117. [Lao X, Zhang Y, Shen T Y, et al. A study on the urban functional structure in the urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze river urban development studies[J]. Urban Development Studies, 2017, 24(11): 111–117.]
- [21] 刘可文, 曹有挥. 城市群视域下的资源型城市职能转型研究[J]. 城市问题, 2020, (1): 65–72. [Liu K W, Cao Y H. Research on the functional transformation of resource–based cities from the perspective of urban agglomerations[J]. Urban Problems, 2020, (1): 65–72.]
- [22] 张晓涛, 易云锋, 王淳. 价值链视角下的京津冀城市群职能分工演变: 2003–2016: 兼论中国三大城市群职能分工水平差异[J]. 宏观经济研究, 2019, (2): 116–132. [Zhang X T, Yi Y F, Wang C. The evolution of functional division of Beijing–Tianjin–Hebei Urban agglomeration from the perspective of value chain 2003–2016: Also on the differences in the functional division of the three major urban agglomerations in China[J]. Macroeconomics, 2019, (2): 116–132.]
- [23] 宋洁, 徐建斌, 王振波. 基于“三经普”数据的中国城市群职能特征研究[J]. 经济地理, 2018, 38(11): 59–67. [Song J, Xu J B, Wang Z B. Research on functional characteristics of Chinese urban agglomeration based on the third national economic census data[J]. Economic Geography, 2018, 38(11): 59–67.]
- [24] Nelson H J. A service classification of American cities[J]. Economic Geography, 1955, 31(3): 189–210.
- [25] 周一星, R. 布雷德肖. 中国城市(包括辖县)的工业职能分类: 理论、方法和结果[J]. 地理学报, 1988, 43(4): 287–298. [Zhou Y X, Bradshaw R. The classification of industrial function of Chinese cities (including attached counties): Theory, method and results[J]. Acta Geographica Sinica, 1988, 43(4): 287–298.]
- [26] Yang J, Huang X. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019[J]. Earth System Science Data, 2021, 13(8): 3907–3925.
- [27] Yang J L, Dong J W, Xiao X M, et al. Divergent shifts in peak photosynthesis timing of temperate and alpine grasslands in China[J]. Remote Sensing of Environment, 2019, DOI: 10.1016/j.rse.2019.111395.
- [28] 冀正欣, 许月卿, 黄安, 等. 冀北山区“三生”空间识别与演化特征分析: 以张家口市为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2022, 58(1): 123–134. [Ji Z X, Xu Y Q, Huang A, et al. Spatial pattern and evolution characteristics of the production–living–ecological space in the mountainous area of northern Hebei Province: A case study of Zhangjiakou city[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2022, 58(1): 123–134.]
- [29] 刘超, 许月卿, 刘焱序, 等. 基于系统论的土地利用多功能分类及评价指标体系研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2018, 54(1): 181–188. [Liu C, Xu Y Q, Liu Y X, et al. Research on land use functions classification and evaluation system based on system theory[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2018, 54(1): 181–188.]
- [30] 穆少杰, 李建龙, 陈奕兆, 等. 2001–2010年内蒙古植被覆盖度时空变化特征[J]. 地理学报, 2012, 67(9): 1255–1268. [Mu S J, Li J L, Chen Y Z, et al. Spatial differences of variations of coverage in inner mongolia during 2001–2010[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(9): 1255–1268.]
- [31] 成英文, 张辉. 基于城市职能理论的中国旅游城市判定及分类研究[J]. 现代城市研究, 2014, (2): 104–109. [Cheng Y W, Zhang H. The study of Chinese tourism city judgment and classification based on the theory of urban function[J]. Modern Urban Research, 2014, (2): 104–109.]
- [32] Feng Y, Zeng Z Z, Searchinger T D, et al. Doubling of annual forest carbon loss over the tropics during the early twenty–first century[J]. Nature Sustainability, 2022, 5: 444–451.
- [33] 王金杰, 赵安周, 张兆江, 等. 2000–2018年京津冀地区植被净初级生产力时空演变及其驱动因素[J]. 生态科学, 2021, 40(1): 103–111. [Wang J J, Zhao A Z, Zhang Z J, et al. Spatio–temporal evolution of vegetation net primary productivity and its driving factors in Beijing–Tianjin–Hebei region from 2000 to 2018[J]. Ecological Science, 2021, 40(1): 103–111.]
- [34] 曾春水, 林明水, 湛东升, 等. 城市职能特征及其形成机理研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2021, 40(11): 1956–1969. [Zeng C S, Lin M S, Zhan D S, et al. A review of research on the characteristics and formation mechanism of urban functions[J]. Progress in Geography, 2021, 40(11): 1956–1969.]
- [35] 申志成, 徐新良, 娜日嘎拉, 等. 中美典型城市群土地开发模式对比研究[J]. 资源科学, 2022, 44(5): 968–983. [Shen Z C, Xu X L, Narigala, et al. Comparative study of the land development patterns in typical urban agglomerations of China and the United States[J]. Resources Science, 2022, 44(5): 968–983.]

# Identification and evaluation of production–living–ecological space from the perspective of urban function: Taking the Beijing–Tianjin–Hebei urban agglomeration as an example

WU Zihao<sup>1,2</sup>, ZU Jian<sup>3</sup>, SHI Yunyang<sup>1,2</sup>, HAO Jinmin<sup>1,2</sup>

(1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Key Laboratory of Agricultural Land Quality, Ministry of Natural Resources, Beijing 100193, China; 3. Research Center for Rural Economy, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100810, China)

**Abstract:** The scientific identification of production-living-ecological space can help investigate the background of regional space and promote the orderly development and utilization of territorial space, which is the basis of territorial space planning. This study chose the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration as the research object, and delimited the production-living-ecological space based on the production-living-ecological functions of different land use types and by combining with the suitability of the production-living-ecological functions. It also classified the functions of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration and evaluated the spatial pattern and transfer changes of production-living-ecological space of the whole urban agglomeration and each type of city respectively. The results show that: (1) The geographical differentiation of production-living-ecological space in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration is obvious, and the ecological-natural production space, natural production-ecological space, and ecological space extend from the northwest to the southeast, interspersed with living-industrial production space with major cities as the cores; (2) In the 10 years from 2010 to 2020, only the area of living-industrial production space increased, while the rest decreased. The four types of space have different degrees of transformation, among which the area that shifted from ecological-natural production space to natural production-ecological space is the largest; (3) The production-living-ecological spaces in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration are mostly composite functional spaces, and the ecological and production functions show a variety of intensity combinations. The suitability of natural production in the new natural production-ecological space in 2020 was lower than that in 2010; (4) The functional division of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration is not clear, and the changes of production-living-ecological space in cities with the same functional type are similar. Combining land use types and suitability is more scientific and accurate for identifying production-living-ecological space and evaluating the production-living-ecological functional characteristics of various types of cities that are divided by urban function. This research provides some scientific reference for the development and utilization of territorial space and coordinated development of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration.

**Key words:** production-living-ecological space; urban function; multifunctional land use; suitability evaluation; Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration