

资源型城市空间冲突测度及其空间响应研究

郑 洋,程琳琳*,王义方,王俊奇

(中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院,北京 100083)

摘 要:科学诊断资源型城市空间冲突等级,厘清空间冲突变化与土地利用间的复杂关系,对城市转型发展、区域资源合理利用具有重要意义。论文基于山东省新泰市资源型城市特征,以生态系统服务价值和土地利用为视角,从空间压力、空间暴露性和空间风险响应维度构建空间冲突测度模型,并运用地理加权回归模型探讨了空间冲突的变化与土地利用调整间的关系。结果表明:① 2009—2020年,新泰市空间冲突指数保持稳定,变化量仅为0.0018,且不同冲突等级的变化趋势不同;空间冲突格局呈圈层分布,由中心向四周等级逐渐减弱。② 2009—2020年,新泰市平均土地利用动态度为23.14%,空间布局差异性显著,土地利用特征以耕地林化、土地整治、建设用地及生态用地扩张为主。③ 地理加权回归模型分析显示,土地利用动态度与空间冲突指数变化呈显著相关($P<0.01$, $R^2=0.8517$),平均系数值为0.1381,且以正相关为主,表明新泰市土地利用调整对空间冲突的抑制产生了积极影响。研究可为区域土地合理利用、空间冲突治理及空间结构优化提供科学依据。

关键词:空间冲突;土地利用;动态变化;资源型城市;新泰市

资源型城市是以资源产品生产和输出为主要职能的城市,在中国发展历程中作出了巨大贡献^[1-2],但矿产开采等人类活动严重干扰着区域生态环境的结构和功能,导致空间利用经济效益与生态效益矛盾突出。空间冲突是人、地相互作用过程中对立的客观地理现象,是基于空间资源的稀缺性、功能的外溢性,引起的空间资源竞争和博弈的过程,其实质是以土地利用为主的各种利益矛盾和目标重叠的演变^[3-4]。面对资源型城市生态环境保护、产业发展转型等需求,不同利益主体对空间资源的抢夺更加激烈,空间冲突愈发显著,探究其空间冲突格局、演化规律及其空间响应特征,是支撑城市转型发展、合理利用空间资源的基础。

近年来,国外学者从多要素视角探讨空间冲突溢出效应及不同要素所造成的社会、经济及生态冲突等问题^[5-8]。国内,有学者基于地理学视角揭示了

空间冲突的含义、成因、特征及影响机制等内容^[3,9],还有学者从生态学视角切入,利用景观生态学、生态系统服务价值等理论,探讨了空间冲突水平、空间开发利用与区域生态环境保护关系等问题^[10-14]。研究尺度多集中在城市群等宏观尺度^[15-16],对中小尺度的研究相对较少。在工业化、城镇化进程中,生产、生活空间不断扩张,挤压着生态空间,“三生”空间利用冲突不断增强,受到了众多学者的关注^[17-20],如赵旭等^[21]基于CLUE-S模型模拟河北省昌黎县2025年“三生”空间格局,并借助空间冲突测度模型测算了2005—2025年空间冲突指数,分析冲突格局演变特征。已有研究结果表明,空间冲突对区域发展、空间资源利用等具有重要影响,但现有研究在构建空间冲突测度模型时多采用景观格局指数,而对外部环境因素形成的空间利用压力研究和空间冲突响应研究相对不足。

收稿日期:2022-06-29;修订日期:2022-08-30。

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD1100803)。**[Foundation:** The National Key Research and Development Program of China, No. 2018YFD1100803.]

第一作者简介:郑洋(1994—),女,内蒙古乌兰察布人,博士生,研究方向为矿区土地利用和国土空间规划。

E-mail: zhengyang01125@163.com.

*通信作者简介:程琳琳(1977—),女,山东泰安人,教授,主要研究方向为矿区土地利用和国土空间规划。

E-mail: chl@cumtb.edu.cn

引用格式:郑洋,程琳琳,王义方,等. 资源型城市空间冲突测度及其空间响应研究[J]. 地理科学进展, 2023, 42(2): 275-286. [Zheng Yang, Cheng Linlin, Wang Yifang, et al. Spatial conflict measurement in resource-based cities and spatial responses. Progress in Geography, 2023, 42(2): 275-286.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2023.02.006

长期采掘业的发展,导致资源型城市存在大量的矿业废弃地、采煤塌陷地,土地浪费严重,而随着城市建设发展,对土地资源的需求量也日益增长,使得土地利用压力增加,空间利用矛盾显现^[22]。以往研究中多认为土地利用是空间冲突的重要体现,学者们从用地角度对空间冲突进行了积极探索^[6,23-28]。空间冲突与土地利用是双向作用的,空间冲突等级影响着土地利用调整的方向,而合理的用地模式能够有效治理空间冲突。可实际应用中,空间冲突与土地利用调整并不是简单的对应关系,厘清区域土地利用动态变化与空间冲突的复杂关系,是有效治理空间冲突、优化土地资源配置、协调区域空间利用目标的基础。

新泰市是典型的资源型城市,自20世纪80年代起,矿产资源开采就成为其经济支柱。长期的资源开发使得新泰市地表塌陷、植被损毁等一系列土地浪费及生态问题频发,空间冲突凸显。在城市转型发展需求下,科学识别空间冲突格局对合理利用空间资源、优化空间结构具有重要意义。因此,本文以新泰市为例,借鉴“风险源—风险受体—风险响应”的生态风险评价模型,从空间外部压力、空间暴露性和空间风险响应维度出发,基于生态系统服务价值系数构建空间冲突测度指数模型,并利用地理加权回归模型探究土地利用动态变化与空间冲突间的复杂关系,以期为区域土地资源配置、空间结构优化提供科学依据。

1 理论分析框架

空间冲突是由多要素构成的复杂系统,包含着土地利用、生态环境及社会经济等多个方面。在土地利用视角下,空间冲突是利益主体基于不同需求而造成的土地利用的方式、数量等的不和谐,以及各种土地利用方式与环境保护间的矛盾^[29]。在生态服务视角下,空间冲突是空间开发利用过程中对生态系统服务的权衡引起的各种矛盾的集中体现,具体表现为城市建设与生态环境保护在空间资源利用方面的博弈^[4]。资源型城市发展过度追求经济增长,忽视了城市生态环境质量,导致城市生产和生态空间竞争日趋激烈,空间利用矛盾突出^[30]。面对绿色转型的需求,资源型城市的产业发展与环境保护对空间资源的抢夺更加强烈,空间冲突凸显。基于此,本文以生态系统服务价值和土地利用视角切入,参考相对生态风险评价模型“风险源—风险

受体—风险效应”,从空间外部压力、空间暴露性和空间风险响应维度选取指标,构建空间冲突指数分析框架(图1)。

空间外部压力是空间冲突形成的基础条件。资源型城市人口集聚地与矿产资源分布有着高度的重合性,是生活居住与产业发展的核心地区。随着该区域的产业发展、各项公共基础服务设施建设逐步完善,人口流动有序集中,城镇建设用地呈扩张趋势,挤压着农业和生态空间,空间利用的外部压力不断增加,使得在相对有限的空间中,各利益主体对空间资源的抢夺愈发强烈,空间冲突逐渐形成。

空间暴露性是空间冲突演化的根本原因。资源型城市的建设多沿交通干线、资源产地、河流和主城区边缘等发展^[30],该范围内农业、生活和生态空间交叉重叠,空间利用的多功能性突出。相对优越的区位条件,使得空间利用易受人类活动干扰,不同利用主体对空间资源竞争更加激烈,空间利用转换相对频繁,空间冲突进一步凸显。

空间风险响应是空间冲突的直观表现。长期的传统发展模式,使得资源型城市生态环境问题突出。为推动城市绿色转型发展,协调生态环境保护与产业建设是必要内容。在空间利用上,表现为生产、生活空间与生态空间的博弈,而生态系统服务价值的变化是空间风险响应的突出表现,空间冲突越强,对生态系统造成的负面影响越大,生态系统服务价值越低。

土地作为空间的载体,是空间冲突形成及演化的基础要素。资源型城市的土地历史遗留问题严重,如采煤塌陷地、工矿废弃地及地表裂缝等,造成了严重的土地资源浪费。在长期不合理的土地利用方式下,资源型城市生产空间利用粗放、生活空间扩张无序、生态空间严重缩减,加剧了空间冲突矛盾。面向多目标的空间利用需求,空间资源竞争逐步激化,土地利用需求进一步增加,为治理空间冲突,合理调整土地利用结构、转变土地利用类型、优化空间布局是主要的途径。基于此,探究土地利用对空间冲突治理的影响程度,对化解空间冲突、优化土地资源配置,协调空间利用目标具有重要意义。

2 研究区概况与方法

2.1 研究区概况

新泰市位于山东省中部(35°37'~36°07'N、117°16'~118°00'E),总面积为1946 km²,辖3个街道、

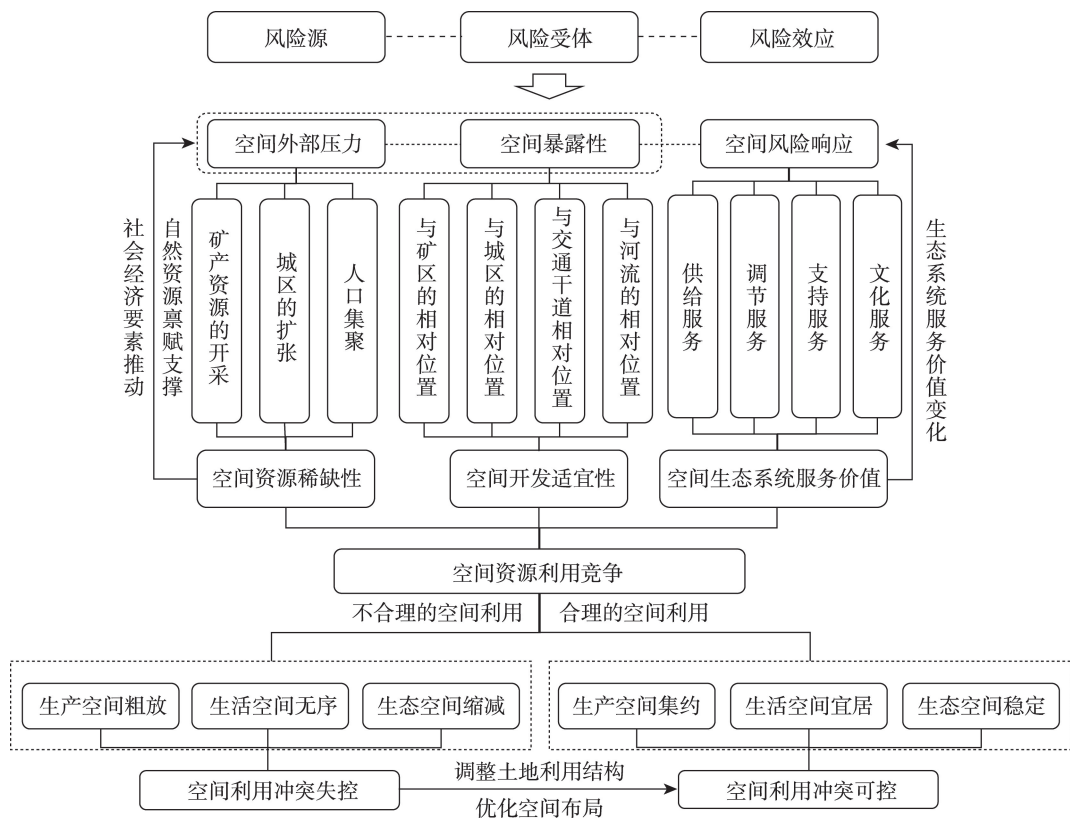


图1 资源型城市空间冲突分析框架

Fig.1 A framework of spatial conflict analysis for resource-based cities

16个镇、1个乡(图2)。地形以丘陵地为主,境内矿产资源丰富,已探明矿种32类。第七次全国人口普查数据显示,常住人口约为127万人。长期的矿产开采导致新泰市矿区及其周边出现地表塌陷、农田损毁、房屋裂缝等现象,生态环境遭到破坏,工矿废弃地分布广泛。自2011年新泰市被列为第三批资源枯竭型城市以来,转型发展需求迫切,而土地利用历史遗留问题严重,与当前可持续发展目标相矛盾,使得空间冲突显著。近年来新泰市积极开展废弃工矿地整治、采煤塌陷区治理及生态修复等一系列工程,该地区生态环境有所好转,先后被评为全国绿化模范城市、国家园林城市。

2.2 数据来源

研究数据主要涉及2009、2020年新泰市人口密度、粮食产量及土地利用数据等。其中,人口密度数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心^[31](<https://www.resdc.cn>),空间分辨率为1 km×1 km。主要道路、河流、矿区、城镇建设用地及驻镇地等土地利用数据来源于新泰市2009、2020年土地利用调查数据。粮食产量等社会经济数据来源于新泰市

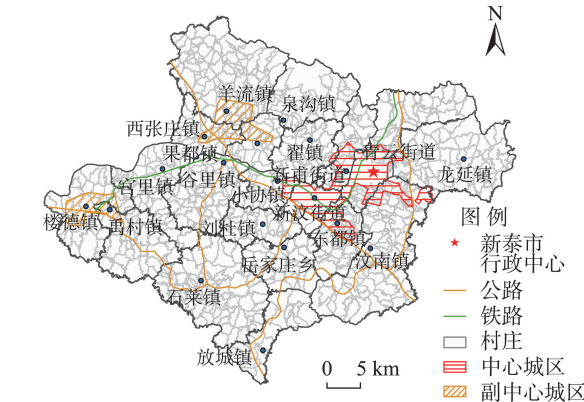


图2 新泰市位置示意图

Fig.2 Location of Xintai City

统计年鉴和农业农村局统计数据。

2.3 空间冲突测度指数测算

在剖析空间冲突的机制上,根据空间资源稀缺性、空间开发适宜性、空间利用动态性及多宜性等特征,从空间外部压力、空间暴露性和空间响应3个维度,结合资源型城市特征选取指标构建空间冲突测度指数。

空间外部压力从空间开发利用维度出发,选取

人口密度、城镇建设用地占比和采矿用地占比3个指标测算,人口密度越大、城乡建设用地占比越高、采矿面积越大的区域对空间资源竞争愈发激烈,空间冲突强度越高,两者呈正相关。其中,城镇建设用地占比和采矿用地面积占比以1 km×1 km的网格为单元,计算单位面积内建设用地和采矿用地的占比。空间暴露性以空间开发利用适宜性体现,具体以与主要交通道路、矿区、河流和驻镇地的相对位置表示,距离公路、河流、矿区和驻镇地越近的区域在受到外部压力时,空间冲突发生可能性相对较高。距离分析采用ArcGIS 10.4中欧氏距离分析得出。空间风险响应研究参照吴蒙等^[4]的方法,以生态系统服务价值表示,空间冲突强度越高,对生态空间影响越大,生态系统服务价值越弱,两者呈负相关。综合考虑研究区数据可获取性、可视化效果及计算结果的精度,研究选取1 km×1 km网格作为评价单元测度空间冲突指数,相关指标见图3(以2020年为例)。由于指标数据量级不同,利用ArcGIS 10.4中模糊隶属度工具(fuzzy membership)对指标进行归一化处理。

生态系统服务价值评估参照谢高地等^[32]的研究方法,利用生态系统服务价值评估模型和中国陆地生态系统服务价值当量表进行测算,以新泰市2009—2020年主要粮食作物年平均产量的市场价值确定当量因子^[32]。根据新泰市实际情况,将生态系统划分为7类,参照相关研究成果对各生态系统单位面积生态系统服务价值当量进行修正,其中,耕地、林地、草地分别与农田、森林和草地生态系统相对应;园地取森林和草地生态系统的平均值^[33];水域取湿地和水体生态系统的平均值^[34];未利用地对应荒漠生态系统。通常情况下,认为建设用地不属于自然生态系统,但研究区是典型的资源型城市,该区域内建设用地对生态系统服务价值产生较大的负面影响,因此,将建设用地纳入研究,其计算方法参考相关学者研究成果^[35],评估结果见表1。

空间冲突测度指数计算公式如下:

$$ESC = \sum (P_{ij} + E_{in} - ESV_{im}) \quad (1)$$

$$ESV_{im} = \sum (V_{im} \times VC_{im}) \quad (2)$$

式中:ESC为空间冲突指数; P_{ij} 为第*i*个单元的*j*项压力指标,包含人口密度、建设用地占比及采矿用地占比; E_{in} 为第*i*个单元的*n*项暴露程度,包含距主要公路距离、距河流距离、距矿区距离和距驻镇地距离; ESV_{im} 为第*i*个单元*m*类生态系统服务价值;

V_{im} 为第*i*个单元*m*类生态系统的面积; VC_{im} 为第*i*个单元*m*类生态系统的生态系统服务价值系数,包含耕地、园地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地。

2.4 土地利用动态度

土地利用动态度反映了一定时间内区域土地利用数量的变化情况,分为单一土地利用动态度和综合土地利用动态度。本文以单一土地利用动态度分析新泰市各土地利用类型流向的活跃程度,计算公式如下^[36]:

$$K = \frac{U_a - U_b}{U_a} \times 100\% \quad (3)$$

式中: K 为研究时段内某种土地利用类型的动态度; U_a 为研究期初某种土地利用类型的面积; U_b 为研究期末某种土地利用类型的面积。

本文以综合土地利用动态度分析2009—2020年新泰市土地利用变化的整体情况,以反映区域土地利用转换的剧烈程度,计算公式如下^[37]:

$$S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \Delta S_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n S_i} \right) \times 100\% \quad (4)$$

式中: S 为研究期内土地利用变化速率; S_i 为研究期初第*i*种土地利用类型总面积; ΔS_{i-j} 为研究时段内,第*i*种土地利用类型转化面积的绝对值。

2.5 地理加权回归模型

地理加权回归模型(geographically weighted regression, GWR)在探究空间异质性研究中应用较为广泛,是对传统回归模型中无法对影响因子的空间作用差异进行定量识别的优化与补充^[38]。为探究土地利用转换活跃度对空间冲突强度的局部影响关系,利用地理加权回归模型进行分析,计算公式如下:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_j \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i \quad (5)$$

式中: y_i 为网格单元*i*的因变量; (u_i, v_i) 为第*i*个网格单元的地理坐标; β_0 为常数项; β_j 为第*j*个自变量的系数; x_{ij} 为第*j*个自变量在第*i*个网格单元的值; ε_i 为随机误差项。

3 结果与分析

3.1 空间冲突时空演变特征分析

参考周国华等^[3]、彭佳捷等^[39]根据倒U型曲线模型对空间冲突分级的方法,研究将空间冲突划分

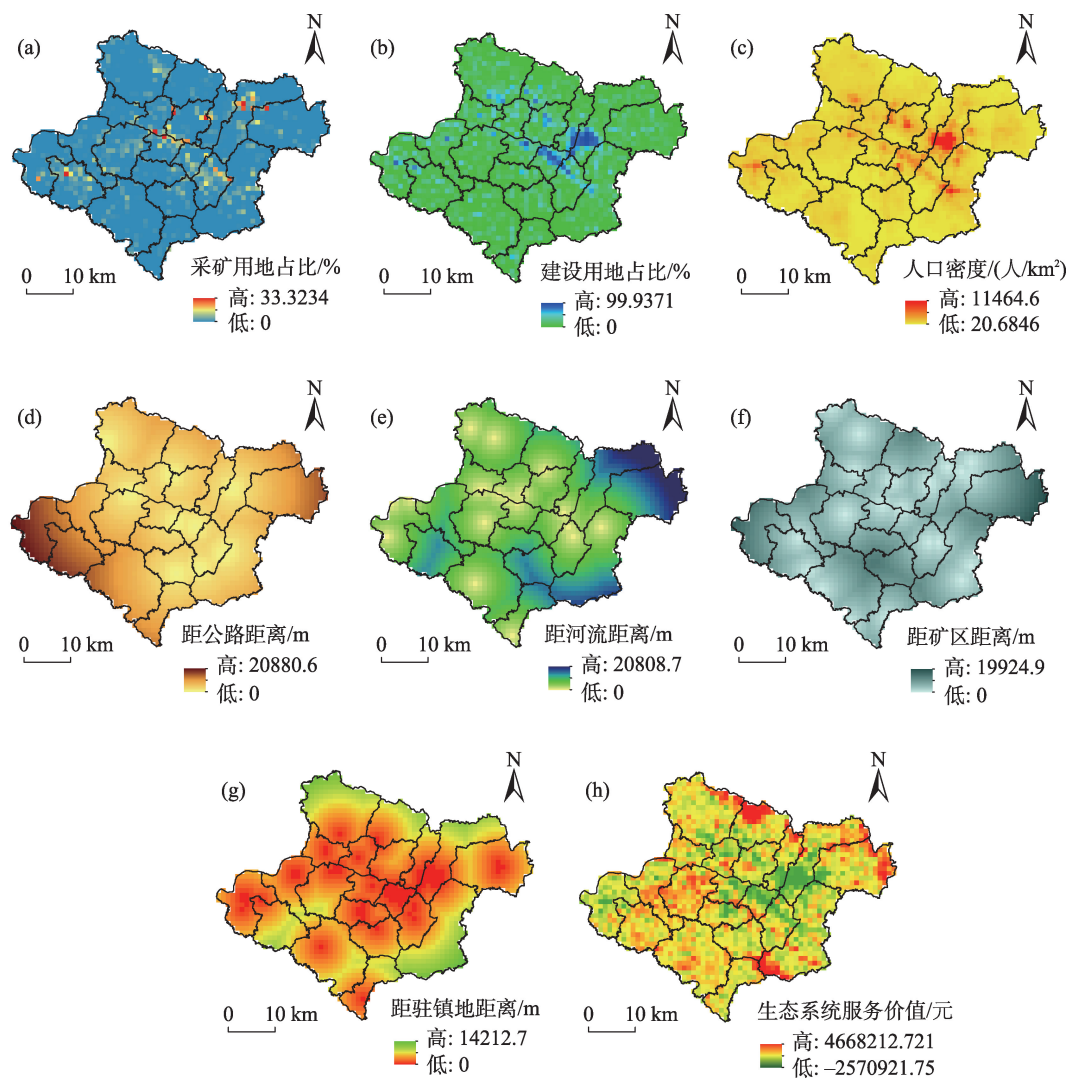


图3 新泰市空间冲突测度指标的空间格局(2020年)

Fig.3 Spatial pattern of spatial conflict measurement indicators in Xintai City in 2020

表1 新泰市生态系统服务价值系数

Tab.1 Ecosystem service value coefficients in Xintai City (元/(hm²·a))

功能类型		耕地	园地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地
调节服务	气体调节	1070.33	4602.40	7492.28	1712.52	-5180.38	-1626.89	0
	气候调节	1905.18	3853.17	5779.76	1926.59	0	9397.46	0
	水源涵养	1284.39	4281.30	6850.08	1712.52	-16076.29	11163.49	64.22
	废物处理	3510.67	2804.25	2804.25	2804.25	-5266.00	16825.52	21.41
支持服务	土壤形成与保护	3125.35	6261.40	8348.54	4174.27	42.81	920.48	42.81
	生物多样性保护	1519.86	4655.92	6978.52	2333.31	727.82	2670.46	727.82
供给服务	食物生产	2140.65	428.13	214.07	642.20	21.41	214.07	21.41
	原材料	214.07	2836.36	5565.69	107.03	0	42.81	2140.65
文化服务	娱乐文化	21.41	1412.83	2740.03	85.63	21.41	5292.76	21.41
	合计	14791.90	31135.77	46773.22	15498.31	-25709.22	44900.15	3039.72

为4个等级,分别为稳定可控[0, 0.5],基本可控(0.5, 0.7],基本失控(0.7, 0.8]和严重失控(0.8, 1.0],结果见表2。

2009—2020年新泰市空间冲突指数均值由0.4544下降至0.4526,下降了0.0018,表明新泰市空间冲突指数变化显著性较差,整体保持稳定状态。不同冲突级别变化趋势不同,其中,稳定可控单元增加20个,占比上涨1.13%;基本可控单元减少84个,占比下降4.74%;基本失控单元涨幅较大,增加90个单元,占比增长5.08%;严重失控单元数下降,减少26个单元,占比下降1.47%。总体上,研究区空间冲突强度虽有减弱趋势,但指数仍较高,且基本失控区域扩张,基本可控区域缩减,表明空间冲突矛盾依旧显著,此区域亟需加强协调、优化和管控,避免空间冲突进一步激化。

在空间上,2009—2020年空间冲突区主要分布于研究区中部,且矿区周边空间冲突显著,其中,东南方向的中心城区(青云街道和新甫街道)空间冲突指数较高(图4)。稳定可控区主要分布在研究区四周,该区域的矿区密度较低,生态环境保护较好,受

到人为干扰相对较低,空间利用较稳定;基本可控区明显缩小,西侧呈显著缩减,东北侧小幅扩张;基本失控区呈扩张趋势,以城区为中心向四周扩散,且空间布局相对集中;严重失控区缩减明显,仍集中分布于中心城区周边。

新泰市矿区主要分布于中心城区和2个副中心城区(西羊果和楼禹),空间位置上与基本失控和严重失控区域相一致,表明资源型城市的矿产开采是导致空间冲突矛盾的重要因素之一。此外,2009—2020年基本失控区和严重失控区的空间集聚度下降,表明新泰市各项生态修复工程成效逐步显现,有助于空间冲突格局的变化和强度的减弱。

3.2 土地利用动态变化分析

经测算得出新泰市2009—2020年综合土地利用动态度,并修正至1 km×1 km的网格上,见图5。近10年间,新泰市综合土地利用度最大值为73.54%,最小值为0,平均土地利用动态度为23.14%,年均土地利用动态度为2.10%,空间布局分异性显著,中心城区周边土地变化较大。因新泰市境内矿区类型多为井工矿,随着境内小型矿井的关

表2 2009—2020年新泰市空间冲突指数测算结果
Tab.2 Spatial conflict index of Xintai City during 2009–2020

冲突级别	阈值	2009年		2020年		变化量	
		网格单元/个	占比/%	网格单元/个	占比/%	网格单元/个	占比/%
稳定可控	[0, 0.5]	1187	67.10	1207	68.23	20	1.13
基本可控	(0.5, 0.7]	477	26.96	393	22.22	-84	-4.74
基本失控	(0.7, 0.8]	56	3.17	146	8.25	90	5.08
严重失控	(0.8, 1.0]	49	2.77	23	1.30	-26	-1.47
指数均值		0.4544		0.4526		-0.0018	

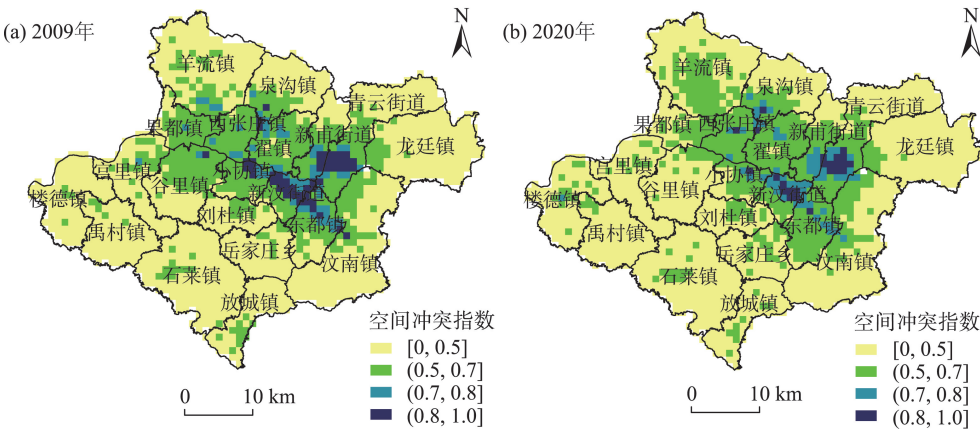


图4 2009年和2020年新泰市空间冲突格局
Fig.4 Spatial conflict pattern of Xintai City in 2009 and 2020

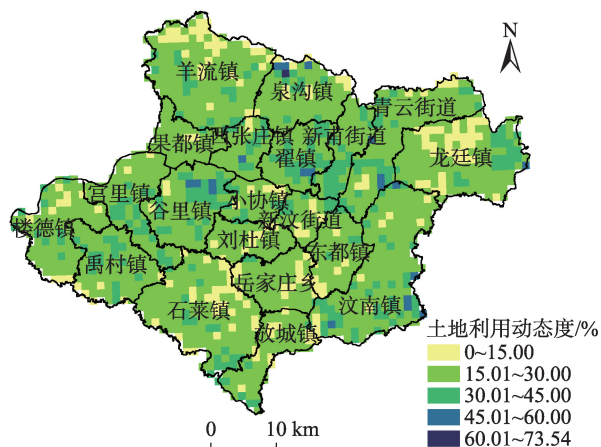


图5 2009—2020年新泰市土地利用动态度空间分布
Fig.5 Spatial distribution of dynamic degree of land use in Xintai City during 2009–2020

闭,地表沉陷、裂缝等风险显著降低,原矿区土地利用类型逐渐多样,使得矿区周边土地利用转换较活跃。其中,土地利用动态度介于0~15%的网格单元有215个,占12.15%,空间集聚性较差,主要分布于北部的羊流镇、东部的龙廷镇和南部的石莱镇;介于15%~30%的网格单元有1283个,规模较大,占72.53%,分布范围广,呈连续集中布局;介于30%~45%的网格单元有250个,占比稍高,为14.13%,主要分布在西张庄镇—羊流镇—果都镇、楼德镇—禹村镇和青云、新汶等城区所在地;介于45%~60%的网格单元有20个,占1.13%,空间布局散乱,于研究区中部稍有集中;介于60%~73.54%的网格单元仅有1个,仅占0.06%,分布于北侧泉沟镇。总体上,新泰市城区周边的土地利用变化较活跃。

2009—2020年,新泰市耕地、林地及建设用地变化突出(图6)。近10年间,耕地转林地面积共计175.12 km²,土地利用动态度为22.46%,年均变化2.04%,空间分布主要集中在中西部,斑块破碎度较高。从利用主体角度分析,耕地林化多为农民自主育苗所致。“三调”相关内容显示,耕地林化中有30.98 km²未破坏耕作层,即可恢复为耕地,139.08 km²未破坏耕作层、可采用工程恢复方式继续作为耕地使用;仅有5.08 km²为耕作层破坏且无法恢复,将作为林地稳定利用。土地整治主要是由林地和园地转换而来,总面积为74.15 km²,集中于西部平原地区,新增耕地的斑块面积小、形状不规则且空间分布散乱。建设用地扩张趋势显著,共计增加41.12 km²,主要为占用林地和耕地,且以城区周边扩张最为显著。随着各项生态修复工程的实施,新泰

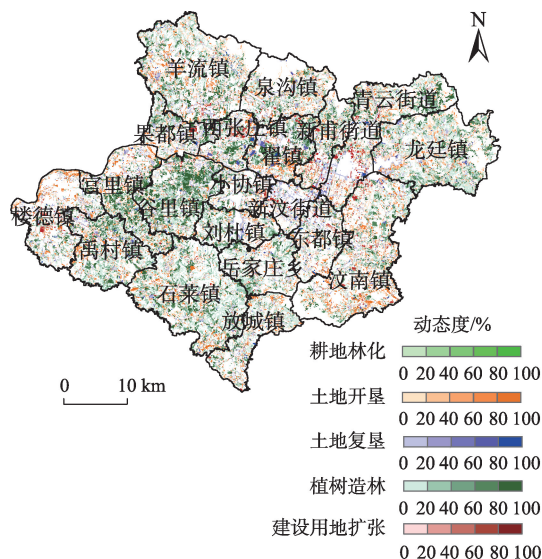


图6 2009—2020年新泰市主要土地利用类型动态度空间分布
Fig.6 Spatial distribution of dynamic degrees of major land use types in Xintai City during 2009–2020

市植树造林面积大幅上涨,共计16.67 km²,集中分布于北部泉沟镇和东南部的汶南镇。

3.3 空间冲突对土地利用转换的响应分析

利用GWR模型对2009—2020年土地利用动态度和空间冲突指数变化量进行分析,得出空间冲突指数与土地利用动态度显著相关($P<0.01$, $R^2=0.8517$),对各变量的回归系数进行统计,结果见表3。回归系数的绝对值越大,表明变量之间的相关性越强^[40]。从系数值上看,土地利用动态度与空间冲突指数间存在正相关和负相关,平均系数值为0.1381,正相关单元显著大于负相关,为1432个单元,负值单元相对较少,为337个单元。

如图7所示,研究区土地利用转换与空间冲突指数呈正相关和负相关交叉布局,正相关区域规模大,分布范围广,于中部聚集,负相关集中于研究区西侧和东侧,分布相对零散。具体来说,负相关区域主要分布于西部的楼德镇,北部的泉沟镇、果都镇,东部青云街道南侧,南部汶南镇北侧,反映了区域土地利用模式与治理空间冲突需求的协调性较差,可进一步优化土地利用结构、改进土地利用模式,化解空间冲突矛盾。正相关区域集中于主城区(青云与新汶)、2个副城区(西张庄镇—羊流镇—果都镇、楼德镇—禹村镇),该区域内通过合理的土地利用调整降低了空间冲突。进一步分析表明,通过合理调整土地利用结构,使得799个单元空间冲突指数下降、242个单元空间冲突增长得到有效抑制,

表3 GWR模型的回归系数特征

Tab.3 Characteristics of regression coefficients of the GWR model

变量	最小值	下四分位	中位数	上四分位	最大值	均值
土地利用动态度	-0.6253	-0.2688	0.0876	0.4439	0.8004	0.1381
AICc	-5302.4827					
R ²	0.8517					
调整 R ²	0.7929					

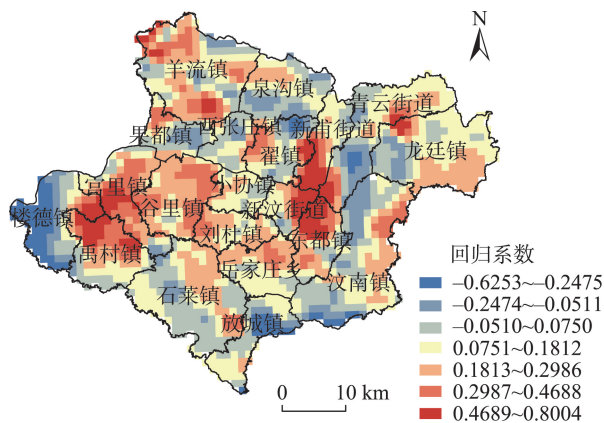


图7 新泰市空间冲突回归系数空间分布

Fig.7 Spatial distribution of spatial conflict regression coefficients in Xintai City

合计占 59.00%，表明研究期内新泰市土地利用变化对治理空间冲突具有重要作用。

4 结论与讨论

4.1 结论

- (1) 2009—2020 年，新泰市空间冲突指数变化相对平稳，变化量为 0.0018。不同冲突等级变化趋势不同，稳定可控和基本失控单数分别增加 20 和 90 个，基本可控和严重失控单元分别减少 84 和 26 个，空间冲突矛盾依旧突出。空间上，呈圈层分布，中部强度较高，周边相对较低，且失控区与城区、矿区空间位置一致性较好。
- (2) 2009—2020 年，受城市转型需求影响，新泰市土地利用变化具有显著空间分异性，土地利用动态度介于 0~73.54%，平均土地利用动态度为 23.14%，年均土地利用动态度为 2.10%。不同地类间相互转化差异明显，以耕地林化、土地整治、生态用地及建设用地扩张为主。
- (3) 2009—2020 年，新泰市土地利用调整对治理空间冲突有正向影响。根据地理加权回归模型分析得出，空间冲突指数变化与土地利用调整间呈

显著相关 ($P<0.01$, $R^2=0.8517$)，平均系数值为 0.1381，以正相关为主，有 1432 个单元。

4.2 讨论

科学识别资源型城市空间冲突格局，厘清土地利用变化与空间冲突的复杂关系能够为区域土地合理利用、空间优化开发提供借鉴。新泰市作为典型的资源型城市，其主城区与矿产资源在空间上重叠，因此，主城区应积极开展土地整治工程，摸清矿业废弃地底数，探索矿业废弃地再开发途径，盘活存量建设用地；因地制宜，创新沉陷区修复手段，推广利用采煤塌陷地发展“光伏产业+”模式；推进绿色矿产开发，引进边采边复等先进技术、最大限度降低对生态环境的破坏；严格控制建设用地空间扩张，加强周边农业、生态空间的保护；调整优化产业布局，以空间结构支撑产业转型。副中心城区作为承接主城区经济社会发展及生活居住功能主要阵地，应科学规划城镇建设用地布局，合理调整建设用地配置；加强农业空间的保护，防止城镇空间过度侵占；保障一定规模的生态空间，修复城市居住生态环境，打造宜居家园。建制镇应实施乡村综合治理工程，优化村庄空间布局，改善农村人居环境，助力乡村振兴；强化耕地保护，注重耕地利用的数量与质量，防治“非粮化”与“非农化”趋势的增长；积极推进生态修复工程，开展植树造林等活动，增加生态用地规模，构建山水文化转型示范区。

研究期内，新泰市土地利用特征主要为耕地林化、土地整治、建设用地扩张及生态用地增长。从行为主体分析，耕地林化多为农民自发行为，为提高经济效益，利用耕地育苗。土地整治是由政府所主导，开展高标准农田建设，形成集中连片、生态良好、高产稳产的农田，使得新增耕地规模上涨，农田复种指数显著增高。建设用地扩张服务于“打造鲁中地区现代化工业强市”的发展定位。生态用地的增加是新泰市积极开展生态修复工程的结果，对改善生态环境具有重要意义。总体上，新泰市土地利

用的调整以城市发展、生态环境保护为主要目标,对治理空间冲突具有积极影响,但部分地区的土地利用模式仍需进一步优化调整,未来应统筹协调空间治理、经济发展及生态保护等目标,合理配置土地资源,优化空间布局,为治理空间冲突奠定基础。

本文识别了资源型城市空间冲突格局,分析其演化特征,并探究了土地利用变化对空间冲突的影响,可为区域治理空间冲突,优化土地利用提供依据。但本文仅分析了空间冲突对综合土地利用动态变化的响应,对两者间耦合协调关系及不同地类相互转换对治理空间冲突的影响仍有待进一步探索。

参考文献(References)

- [1] 余建辉,李佳洺,张文忠. 中国资源型城市识别与综合类型划分[J]. 地理学报, 2018, 73(4): 677-687. [Yu Jianhui, Li Jiaming, Zhang Wenzhong. Identification and classification of resource-based cities in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(4): 677-687.]
- [2] 卢硕, 张文忠, 余建辉, 等. 资源型城市演化阶段识别及其发展特征[J]. 地理学报, 2020, 75(10): 2180-2191. [Lu Shuo, Zhang Wenzhong, Yu Jianhui, et al. The identification of spatial evolution stage of resource-based cities and its development characteristics. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(10): 2180-2191.]
- [3] 周国华, 彭佳捷. 空间冲突的演变特征及影响效应: 以长株潭城市群为例[J]. 地理科学进展, 2012, 31(6): 717-723. [Zhou Guohua, Peng Jiajie. The evolution characteristics and influence effect of spatial conflict: A case study of Changsha- Zhuzhou- Xiangtan urban agglomeration. *Progress in Geography*, 2012, 31(6): 717-723.]
- [4] 吴蒙, 周冯琦, 程进. 基于生态系统服务的快速城市化地区空间冲突测度及时空演变特征[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(5): 12- 20. [Wu Meng, Zhou Fengqi, Cheng Jin. Spatial conflict measurement in rapid urbanization areas from the perspective of ecosystem services. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(5): 12-20.]
- [5] Adam Y O, Pretzsch J, Darr D. Land use conflicts in central Sudan: Perception and local coping mechanisms[J]. *Land Use Policy*, 2015, 42: 1- 6. doi: 10.1016/j.landusepol.2014.06.006.
- [6] Brown G, Raymond C M. Methods for identifying land use conflict potential using participatory mapping[J]. *Landscape & Urban Planning*, 2014, 122: 196-208.
- [7] Cieślak I. Identification of areas exposed to land use conflict with the use of multiple- criteria decision- making methods[J]. *Land Use Policy*, 2019, 89: 104225. doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104225.
- [8] Evans J D, Kirkpatrick J B, Bridle K L. et al. A reciprocal triangulation process for identifying and mapping potential land use conflict[J]. *Environmental Management*, 2018, 62: 777-791.
- [9] 贺艳华, 唐承丽, 周国华, 等. 基于地理学视角的快速城市化地区空间冲突测度: 以长株潭城市群地区为例[J]. 自然资源学报, 2014, 29(10): 1660-1674. [He Yanhua, Tang Chengli, Zhou Guohua, et al. The analysis of spatial conflict measurement in fast urbanization region from the perspective of geography: A case study of Changsha-Zhuzhou- Xiangtan urban agglomeration. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(10): 1660-1674.]
- [10] 田若颖, 陈勇, 周皓, 等. 生态安全格局视角下矿业城市土地利用空间冲突识别[J]. 矿业研究与开发, 2020, 40(6): 153-159. [Tian Ruoying, Chen Yong, Zhou Hao, et al. Land use space conflict recognition in mining cities from the perspective of ecological security pattern. *Mining Research and Development*, 2020, 40(6): 153-159.]
- [11] 陈士梅, 艾东, 付野. 基于生态安全的空间冲突测度与影响因素研究: 以昆明市为例[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(5): 141- 150. [Chen Shimei, Ai Dong, Fu Ye. Spatial conflict measurement and influencing factors based on ecological security: A case study of Kunming City. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(5): 141-150.]
- [12] 李云, 张艳芳, 田茂, 等. 基于“重要性—敏感性—冲突性”的陕北生态保护重点区域辨识[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(3): 643-653. [Li Yun, Zhang Yanfang, Tian Mao, et al. Identification of key ecological protection areas based on the "importance-sensitivity-conflict" framework in northern Shaanxi Province. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(3): 643-653.]
- [13] 陈德超, 施祝凯, 王祖静, 等. 苏州环太湖地区生态网络构建与空间冲突识别[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(6): 778-787. [Chen Dechao, Shi Zhukai, Wang Zujing, et al. Ecological network construction and spatial conflict identification around Taihu Lake area in Suzhou City. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2020, 36(6): 778-787.]
- [14] 吴蒙, 王琳琳, 程进. 长三角城市群国土空间碳汇冲突测度及空间格局特征分析[J]. 资源科学, 2022, 44(10): 2048-2059. [Wu Meng, Wang Linlin, Cheng Jin. Territorial carbon sink conflict measurement and its spatial pattern in the Yangtze River Delta urban agglomeration. *Re-*

- sources Science, 2022, 44(10): 2048-2059.]
- [15] 周德, 徐建春, 王莉. 环杭州湾城市群土地利用的空间冲突与复杂性 [J]. 地理研究, 2015, 34(9): 1630-1642. [Zhou De, Xu Jianchun, Wang Li. Land use spatial conflicts and complexity: A case study of the urban agglomeration around Hangzhou Bay, China. Geographical Research, 2015, 34(9): 1630-1642.]
- [16] 唐凯, 周国华. 基于经济学视角的空间冲突形成原因及其风险测度: 以长株潭城市群为例 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2013, 36(3): 90-94. [Tang Kai, Zhou Guohua. Analysis of spatial conflict measurement based on the perspective of economics: A case study of Changzhutan areas. Journal of Natural Science Hunan Normal University, 2013, 36(3): 90-94.]
- [17] Lin G, Jiang D, Fu J, et al. Spatial conflict of production-living-ecological space and sustainable-development scenario simulation in Yangtze River Delta agglomerations [J]. Sustainability, 2020, 12(6): 1-11. doi: 10.3390/su12062175.
- [18] Lin G, Fu J, Jiang D. Production-living-ecological conflict identification using a multiscale integration model based on spatial suitability analysis and sustainable development evaluation: A case study of Ningbo, China [J]. Land, 2021, 10(4): 383. doi: 10.3390/land10040383.
- [19] 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 An, Xu Yueqin, Lu Longhui, et al. Research progress of the identification and optimization of production-living-ecological spaces. Progress in Geography, 2020, 39(3): 503-518.]
- [20] 刘耀林, 张扬, 张琰, 等. 特大城市“三线冲突”空间格局及影响因素 [J]. 地理科学进展, 2018, 37(12): 1672-1681. [Liu Yaolin, Zhang Yang, Zhang Yan, et al. Conflicts between three land management red lines in Wuhan City: Spatial patterns and driving factors. Progress in Geography, 2018, 37(12): 1672-1681.]
- [21] 赵旭, 汤峰, 张蓬涛, 等. 基于CLUE-S模型的县域生产—生活—生态空间冲突动态模拟及特征分析 [J]. 生态学报, 2019, 39(16): 5897-5908. [Zhao Xu, Tang Feng, Zhang Pengtao, et al. Dynamic simulation and characteristic analysis of county production-living-ecological spatial conflicts based on CLUE-S model. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(16): 5897-5908.]
- [22] 邱国强, 牛潜, 吴振华, 等. 苏锡常城市群土地利用冲突空间测度及异质性分析 [J]. 水土保持研究, 2022, 29(4): 400-406, 414. [Qiu Guoqiang, Niu Qian, Wu Zhenhua, et al. Spatial evaluate and heterogeneity analysis of land use conflict in Su-Xi-Chang urban agglomeration. Research of Soil and Water Conservation, 2022, 29(4): 400-406, 414.]
- [23] Cui J, Kong X, Chen J, et al. Spatially explicit evaluation and driving factor identification of land use conflict in Yangtze River Economic Belt [J]. Land, 2021, 10(1): 43. doi: 10.3390/land10010043.
- [24] Dong G, Ge Y, Jia H, et al. Land use multi-suitability, land resource scarcity and diversity of human needs: A new framework for land use conflict identification [J]. Land, 2021, 10(10): 1003. doi: 10.3390/land10101003.
- [25] Li S, Zhu C, Lin Y, et al. Conflicts between agricultural and ecological functions and their driving mechanisms in agroforestry ecotone areas from the perspective of land use functions [J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 317: 128453. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128453.
- [26] Liu X P, Zhang Z, Li M X, et al. Spatial conflict simulation of land-use based on human-land-landscape elements intercoordination: A case study in Tianjin, China [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2022, 194(4). doi: 10.1007/s10661-022-09947-0.
- [27] Zong S S, Hu Y C, Zhang Y L, et al. Identification of land use conflicts in China's coastal zones: From the perspective of ecological security [J]. Ocean and Coastal Management, 2021, 213: 105841. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105841.
- [28] 唐常春, 卢幸芷, 雷钧钧, 等. 大城市边缘区城乡多维空间冲突特征与形成机制: 以韶关市转溪村为例 [J]. 经济地理, 2022, 42(1): 79-89. [Tang Changchun, Lu Xingzhi, Lei Junjun, et al. Characteristics and formation mechanism of urban-rural multidimensional spatial conflict in metropolitan fringe: Take Zhuanxi Village in Shaoguan City as an example. Economic Geography, 2022, 42(1): 79-89.]
- [29] 邹利林, 刘彦随, 王永生. 中国土地利用冲突研究进展 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(2): 298-309. [Zou Lilin, Liu Yansui, Wang Yongsheng. Research progress and prospect of land-use conflicts in China. Progress in Geography, 2020, 39(2): 298-309.]
- [30] 文琦, 侯凯元, 郑殿元, 等. 成长型资源城市产业转型能力评价与优化路径: 以榆林市为例 [J]. 地理科学, 2022, 42(4): 682-691. [Wen Qi, Hou Kaiyuan, Zheng Dianyuan, et al. Evaluation of industrial transformation capability and optimization path of growing resource-based cities: A case study of Yulin, China. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(4): 682-691.]
- [31] 徐新良. 中国人口空间分布公里网格数据集 [DB/OL]. 中国科学院资源环境科学数据中心数据注册与出版系统(<http://www.resdc.cn/DOI>), 2017. doi: 10.12078/2017

121101. [Xu Xinliang. Spatial distribution of Chinese population in kilometer grid dataset. Data Registration and Publication System, Data Center for Resource and Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences (<http://www.resdc.cn/DOI>), 2017. doi: 10.12078/2017121101.]
- [32] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进 [J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254. [Xie Gaodi, Zhang Caixia, Zhang Leiming, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(8): 1243-1254.]
- [33] 吴克宁, 赵珂, 赵举水, 等. 基于生态系统服务功能价值理论的土地利用规划环境影响评价: 以安阳市为例 [J]. 中国土地科学, 2008, 22(2): 23-28. [Wu Kening, Zhao Ke, Zhao Jushui, et al. The environmental impact assessment of land use planning based on the theory of ecosystem services value: Taking Anyang as an example. *China Land Science*, 2008, 22(2): 23-28.]
- [34] 万伦来, 杨峻, 周紫凡, 等. 煤炭资源型城市生态系统服务功能的时空变化特征分析: 来自2006—2015年安徽省淮南市的经验证据 [J]. 环境科学学报, 2018, 38(8): 3322-3328. [Wan Lunlai, Yang Jun, Zhou Zifan, et al. Analysis on spatial-temporal change characteristics of ecosystem service function in coal resource-based cities: Empirical evidence from Huainan City of Anhui Province over 2006-2015. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2018, 38(8): 3322-3328.]
- [35] 霍冉, 徐向阳, 高俊莲, 等. 煤炭资源型城市生态系统服务空间特征及其与居民福祉关系 [J]. 土壤通报, 2020, 51(1): 31-39. [Huo Ran, Xu Xiangyang, Gao Junlian, et al. Spatial patterns of ecosystem services and their relationships with residents' well-being of coal resource-based cities. *Chinese Journal of Soil Science*, 2020, 51(1): 31-39.]
- [36] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 中国土地利用时空特征分析 [J]. 地理学报, 2001, 56(6): 631-639. [Wang Siyuan, Liu Jiyeuan, Zhang Zengxiang, et al. Analysis on spatial-temporal features of land use in China. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(6): 631-639.]
- [37] 周浩, 雷国平, 杨雪昕. 三江平原典型流域土地利用格局变化与空间分异研究 [J]. 农业机械学报, 2017, 48(5): 142-151. [Zhou Hao, Lei Guoping, Yang Xuexin. Land use change pattern and its spatial differentiation in typical basin of Sanjiang Plain. *Transactions of the CSAM*, 2017, 48(5): 142-151.]
- [38] Brunsdon C, Fotheringham S, Charlton M. Geographically weighted regression [J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1998, 47(3): 431-443.
- [39] 彭佳捷, 周国华, 唐承丽, 等. 基于生态安全的快速城市化地区空间冲突测度: 以长株潭城市群为例 [J]. 自然资源学报, 2012, 27(9): 1507-1519. [Peng Jiajie, Zhou Guohua, Tang Chengli, et al. The analysis of spatial conflict measurement in fast urbanization region based on ecological security: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration. *Journal of Natural Resources*, 2012, 27(9): 1507-1519.]
- [40] 陈艳红. 基于土地利用变化的长江经济带景观生态风险评价与影响因素研究 [D]. 武汉: 湖北大学, 2021. [Chen Yanhong. Study on landscape ecological risk assessment and influencing factors of the Yangtze River Economic Belt based on land use change. Wuhan, China: Hubei University, 2021.]

Spatial conflict measurement in resource-based cities and spatial responses

ZHENG Yang, CHENG Linlin*, WANG Yifang, WANG Junqi

(College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing),
Beijing 100083, China)

Abstract: Scientifically diagnose the spatial conflict of resource-based cities and clarify the complex relationship between spatial conflict and land use are important for urban development transformation and rational use of regional resources. Based on the characteristics of resource-based cities, this study constructed a spatial conflict measurement model considering spatial pressure, spatial exposure, and spatial risk response dimensions with the perspective of land use and ecosystem service value, and explored the relationship between spatial conflict and land use using a geographically weighted regression model. The results indicate that: 1) From 2009 to 2020, the spatial conflict index of Xintai City remained stable with a change of 0.0018 only. The change trends of different conflict levels varied. The spatial pattern was zonal, and the conflict level gradually decreased from the center to the peripheral areas. 2) From 2009 to 2020, the average land use dynamic degree of Xintai City was 23.14%, the spatial layout was significantly different, and the land use changes were mainly cultivated land conversion to woodland, land reclamation, expansion of construction land, and afforestation. 3) Based on the analysis of the geographically weighted regression model, the dynamic degree of land use was significantly correlated with the change of spatial conflict index ($P < 0.01$, $R^2 = 0.8517$), and the average coefficient value was 0.1381, dominated by positive correlation. The research provides a scientific basis for the rational use of regional land, governance of spatial conflicts, and optimization of spatial structure in the city.

Keywords: spatial conflict; land use; dynamic change; resource-based city; Xintai City