

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2024.02.018.

宋复蓉, 曾向阳, 陈勇. 矿粮复合区“三生”空间冲突诊断及演化特征分析——以大冶市陈贵镇为例[J]. 水土保持研究, 2024, 31(2): 401-412.

Song Furong, Zeng Xiangyang, Chen Yong. Diagnosis and Optimization of 'Production-Living-Ecology' Space Conflict in the Mine-Grain Mixed Zone[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(2): 401-412.

# 矿粮复合区“三生”空间冲突诊断及演化特征分析

## ——以大冶市陈贵镇为例

宋复蓉<sup>1</sup>, 曾向阳<sup>1</sup>, 陈勇<sup>1,2,3</sup>

(1. 武汉科技大学 资源与环境工程学院, 武汉 430081; 2. 国家环境保护矿冶资源利用与  
污染控制重点实验室, 武汉 430081; 3. 冶金矿产资源高效利用与造块湖北省重点实验室, 武汉 430081)

**摘要:** [目的] 促进乡镇级矿粮复合区空间结构协调稳定, 为国土空间规划的合理布局及实施提供科学参考。 [方法] 以矿粮复合区陈贵镇为例, 基于生命周期法选取 1986—2020 年的 5 个研究时间节点, 通过空间现状图和转移矩阵解释空间格局变化, 构建改进的空间冲突测度模型, 利用 ArcGIS 10.2 结合 Fragstats 4.2 软件分析空间冲突演化特征, 使用 Google Earth 历史影像验证了冲突结果。 [结果] 农业生产空间和生态空间是转入和转出面积最大的两类空间类型, “耕地—林地”互转成为最显著的土地转换方式; 1986—2020 年, 陈贵镇“三生”空间冲突整体有上升的趋势, 在矿业衰退期, 较弱、中等和强空间冲突空间单元占比分别减少 3.2%, 3.09%, 0.22%, 较强空间冲突占比增加 6.51%; “三生”空间的冲突等级除了生活空间, 均集中在较弱空间冲突和中等空间冲突等级, 两者面积占比超过 70%; 借助 Google Earth 历史影像进行对比验证, 发现“三生”空间冲突结果与空间现状较吻合。 [结论] 矿粮复合区受城市化和工业化的影响较大, 空间冲突特征明显, 参考空间冲突诊断结果, 可针对性地实施空间冲突缓解措施, 促进地区的可持续发展。

**关键词:** 矿粮复合区; 空间冲突; 改进的空间冲突测度模型; “三生”空间; 陈贵镇

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2024)02-0401-12

## Diagnosis and Optimization of 'Production-Living-Ecology' Space Conflict in the Mine-Grain Mixed Zone — An Example of Chengui Town, Daye City

Song Furong<sup>1</sup>, Zeng Xiangyang<sup>1</sup>, Chen Yong<sup>1,2,3</sup>

(1. School of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of  
Science and Technology, Wuhan 430081, China; 2. State Environmental Protection Key Laboratory of  
Mineral Metallurgical Resources Utilization and Pollution Control, Wuhan 430081, China; 3. Hubei Key  
Laboratory for Efficient Utilization and Agglomeration of Metallurgic Mineral Resources, Wuhan 430081, China)

**Abstract:** [Objective] The aims of this study are to promote the coordination and stability of the spatial structure of township-level mine-grain mixed zone, and provide scientific reference for the rational layout and implementation of territorial spatial planning. [Methods] Chengui Town in the mine-grain mixed zone was taken as an example. Five research time nodes from 1986 to 2020 were selected based on the life cycle method. The spatial pattern changes were explained by the spatial status map and transfer matrix. An improved spatial conflict measurement model was constructed. ArcGIS 10.2 in combination with Fragstats 4.2 was used to analyze the trend of spatial conflict. The conflict results were verified using Google Earth historical

收稿日期: 2023-04-10

修回日期: 2023-05-15

资助项目: 国家自然科学基金“矿区重金属污染农地农户利用行为机理与风险管控——以大冶市典型矿区为例”(41971237)

第一作者: 宋复蓉(1996—), 女, 甘肃会宁人, 硕士研究生, 研究方向为国土空间规划、矿山修复。E-mail: 1063850141@qq.com

通信作者: 曾向阳(1971—), 男, 湖北咸宁人, 博士, 副教授, 主要从事机器学习与深度学习、国土空间优化与大数据处理研究。E-mail: zengxiangyang@wust.edu.cn

<http://stbcyj.paperonce.org>

images. [Results] Agricultural production space and ecological space were the two types of space with the largest transfer area in and out, and the ‘arable land-forest land’ mutual conversion had become the most significant land conversion mode. From 1986 to 2020, the overall trend of ‘production-living-ecology’ space conflicts in Chengui Town was on the rise, and during the mining recession, the proportion of weaker, medium and strong space conflicts decreased by 3.2%, 3.09% and 0.22%, respectively, and the proportion of stronger space conflicts increased by 6.51%. The conflict levels of the ‘production-living-ecology’ space concentrated in the weak space conflict and the medium space conflict level, except for the living space, which accounted for more than 70% of the area. With the help of Google Earth historical images for comparative verification, it was found that the results of the ‘production-living-ecology’ space conflict were consistent with the current spatial situation. [Conclusion] The mine-grain mixed zone is greatly affected by urbanization and industrialization, and the characteristics of spatial conflict are obvious, and the spatial conflict mitigation measures can be implemented with reference to the diagnosis results of spatial conflict to promote the sustainable development of the region.

**Keywords:** mine-grain mixed zone; space conflict; improved spatial conflict measure model; ‘production-living-ecology’ space; Chengui Town

矿产与粮食复合主产区(简称,矿粮复合区),是指既属于粮食主产区,又是矿产资源主产区的复合区域<sup>[1]</sup>。从功能角度看,矿粮复合区同时承担矿产和粮食资源生产<sup>[2]</sup>。该区域在矿山开采带来高效益的同时,加重了矿农冲突、空间资源的竞争和人地矛盾,进一步扩大了土壤退化、水体污染、耕地数量和质量下降等问题,导致生活空间扩大、生产空间被蚕食和生态空间被破坏<sup>[3]</sup>。党的二十大报告指出要构建优势互补、高质量发展的区域经济布局和国土空间体系。科学精准识别矿粮复合区“三生”空间冲突程度及范围,是优化国土空间布局,减轻经济发展和空间资源矛盾的重要手段。

土地利用冲突指有限的土地资源与日益多样化的人类需求之间的不匹配和不平衡状态<sup>[4]</sup>。20世纪70年代,英国乡村协会首提“土地冲突”概念<sup>[5]</sup>,后来,国内外学者从不同专业角度开展研究。在冲突识别方面,Feola等<sup>[6]</sup>基于38次半结构化的关键线人访谈发现,Sogamoso的采矿和环境保护等驱动因素可能与城市扩张主义相结合,促进土地的占用;在冲突演变方面,王珊珊等<sup>[7]</sup>构建网格尺度下的空间冲突测度模型,对该地区多年份的空间冲突时空分异特征进行定量评价。在冲突缓解方面,李争等<sup>[8]</sup>以田野调查数据为基础,在耦合工程性、生态性、经济性、社会性的“社会-生态”情景分析框架下提出土地利用冲突缓解方案。随着社会、经济 and 政策的不断变化,土地利用冲突现象加剧,涌现出建设用地与农用地、资源开发与生态用地、传统农业生产区与自然保护区等之间的竞争冲突,快速城市化造成生物栖息地破坏以及生物多样性丧失等。并且不同

区域的资源禀赋不同,出现的冲突形式不同,如在矿粮复合区出现矿山开采与农业生产、矿业发展与当地社区发展、生态保护与资源开采、征地与补偿以及矿区的土地所有权等相关冲突。这表明土地利用冲突在各种情况下不断发展出新的含义和多样化的外部表现形式,对其定义和识别提出了挑战。

土地利用空间冲突由土地冲突衍生而来,是指不同利益群体之间对空间资源利用方式、数量等方面的不和谐,以及空间资源利用与环境方面的矛盾状态<sup>[9]</sup>。空间冲突的升级可造成社会风险,对其准确识别是开展空间优化的基础,是促进空间协调发展的关键。如Zou等<sup>[10]</sup>对东南沿海地区基于三生视角,构建了潜在土地利用功能冲突的空间识别与强度诊断模型,根据空间分布、表现和冲突程度采取不同的治理策略;王越等<sup>[11]</sup>对沈阳经济区从“三生”功能视角建立土地利用冲突诊断模型并采用小波相干模型来确定研究区土地利用冲突关键影响因素的作用大小和作用方式,为促进东北振兴提供参考;Qu等<sup>[12]</sup>揭示了土地利用的多功能潜在冲突类型、强度和空间格局,其次,运用“刚性约束”和“柔性引导”的规划机制,调解土地利用多功能的潜在冲突。目前,对国土空间研究主要集中于空间分类体系、时空演变、“双评价”、功能分区、规划方案等方面,对“三生”视角下的空间冲突研究较少,且存在以下问题:(1)研究尺度方面,研究目标区域多集中在人类活动较高和经济发达的城市群、都市带、省级、市级、县级等宏观区域,村镇作为我国国土空间规划和管理体系的重要组成部分,目前,对该微观区域的研究较少且国土功能空间冲

突诊断缺乏足够的科学支持。(2) 研究角度方面,虽已涉及到海岸带地区<sup>[13]</sup>、干旱区<sup>[14]</sup>、河谷型城市<sup>[15]</sup>、滨海地区<sup>[16]</sup>、岩溶山区<sup>[17]</sup>等特殊区域,但对具有独特空间结构的矿粮复合区在该方面的研究匮乏。(3) 研究方法方面,目前空间冲突的测量方法可分为参与式调查<sup>[18]</sup>、博弈论分析等<sup>[19]</sup>定性分析和综合指标法<sup>[20]</sup>、PSR模型等<sup>[21]</sup>定量分析。从定性描述到定量分析,从单一目标到多目标协调发展,土地利用空间冲突研究范式整体趋于格式化,即“内涵理解—识别方法—调节规划”。

综上所述,本文基于“三生”空间视角,以矿粮复合区陈贵镇为研究对象,拟以空间现状和转移矩阵解释空间格局变化,在保持现有研究范式的基础上,构建改进的空间冲突测度模型,诊断矿粮复合区陈贵镇“三生”空间冲突水平,利用 ArcGIS 10.2, Fragstats4.2 实现冲突的可视化,纳入生命周期法分析空间冲突演化特征,借助 Google Earth 历史影像对冲突结果进行对比验证。以期丰富空间冲突领域方面的研究,为国土空间规划提供有价值的理论参考。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

陈贵镇隶属湖北省黄石市大冶市,地理位置介于 $114^{\circ}43'—114^{\circ}49'E$ , $30^{\circ}03'—35^{\circ}30'N$ ,地势西南高、东北低、中洼,呈现北部平原,中部低畈、南部山林的自然景观。陈贵镇拥有丰富的农业、矿产和生态资源,是大冶市的矿冶重镇,素有“荆楚矿业第一镇”之称,2010年,陈贵镇金属开采与金属制品业总产值达到117.34亿元,占工业总产值比重高达77.97%,在第二产业体系中居于绝对主导地位,截至2013年,境内已探明矿藏10余种,其中铁矿石储量就达5000万t,主要分布在刘家畈、大广山、安船、铜山口四大矿区,并拥有6个铁矿、2个铜矿的采矿权。在湖北省21个“四化同步”示范乡镇试点中,是唯一以工矿产业为绝对主导的小镇。农业作为陈贵镇的第一产业,2014年,耕地面积达到4078.4 $hm^2$ ,常用耕地2641.33 $hm^2$ ,水田2293.07 $hm^2$ ,旱地348.26 $hm^2$ 。2020年,农业总产值达到25亿元,农村人均纯收入达到27775元,同年工业总产值达到326.7亿元,年均增长8%,工业增加值达93.1亿元,年均增长7.72%。随着城镇化进程的推进,陈贵镇“三生”空间的短板问题也逐渐显现,矿山环境、养殖环境有待管控治理,生态空间缺乏统筹;村落零散,公服不均,生活空间利用不充分;新型转型经济和传统经济关联度不高,生产空间发展不平衡。在矿业开发、矿区复垦、生态修复、耕地保护等相关政策的推动

下,针对于陈贵镇“三生”空间冲突诊断与演变特征的研究越发迫切。

### 1.2 数据来源与处理

陈贵镇8月份的区域植被生长态势良好,利于土地类型的解译。以研究区1986年、1996年、2008年、2016年、2020年8月23日的5期高精度历史影像为主要数据源(来源于91位图谷歌历史影像,分辨率为0.52m),对区域影像进行融合、几何校正、坐标系投影转换、裁切,按照《土地利用现状分类》(GB/T21010—2017)目视解译处理,将历史影像矢量化,汇总得到5期土地利用现状数据,经检验其Kappa系数均在80%以上,符合研究的精度。最终利用 ArcGIS10.2 中的面转栅格工具将矢量数据转换为30m $\times$ 30m的栅格数据。社会经济数据来源于《2021年黄石市统计年鉴》、“十三五”规划、《大冶市创建省级生态文明建设示范市规划(2016—2020年)》《黄石市矿产资源总体规划(2016—2020年)》《湖北省环境保护“十三五”规划》等以及黄石市、大冶市、陈贵镇政府相关报告。

## 2 研究方法

### 2.1 “三生”空间分类

目前,“三生”空间的分类体系尚未形成统一标准。如:雷嫦等<sup>[22]</sup>依据土地的单一功能将都市土地空间分为生活空间、生产空间、生态空间;李凯等<sup>[23]</sup>依据土地的主导功能和次要功能将济南都市圈的土地空间分为生态空间、生态生产空间、生产生态空间、生活生产空间;刘继来等<sup>[24]</sup>依据土地功能的强弱水平将生产用地划分为生产用地、半生产用地、弱生产用地,将生活用地划分为生活用地、半生活用地、弱生活用地,将生态用地划分为生态用地、半生态用地、弱生态用地。为考察矿业和农业自身及相互的空间冲突,将生产空间划分为工业生产空间和农业生产空间。在沿用学术界对“三生”空间分类方法的基础上,结合矿粮复合区陈贵镇“三生”空间的特征,基于土地利用主导功能将国土空间划分为工业生产空间、农业生产空间、生活空间、生态空间。具体划分见表1。

### 2.2 空间冲突测度模型

综合指标法可以反映土地利用的冲突值,如“压力-状态-反应”“可能性-暴露-后果”“来源-受体-效应”和空间冲突测度等模型,其中空间冲突测度模型能更好地表达空间冲突结果所引起的空间类型转化和景观环境变化。考虑到矿粮复合区在城镇和乡村地区、中心(核心)和外围(边缘)地区、空间类型之间,由于经济地理结构导致的经济社会发展和创新行为存在

较大空间差异性,在探究矿粮复合区陈贵镇“三生”空间冲突的过程中加入空间异质性指数,对比原空间冲突指数模型下的冲突单元分布情况,发现空间冲突结

果更加贴合实际。空间异质性指数值越大,空间分布不均匀性、敏感性越大。值越小,空间分布不均匀性、敏感性越小。

表 1 陈贵镇“三生”空间分类体系

Table 1 Classification system of 'production-living-ecological' space in Chengui Town

名称	含义	地类
工业生产空间	以提供矿产资源为主的土地利用类型	工矿仓储用地
农业生产空间	以提供农产品为主同时具有生态功能的土地利用类型	耕地
生活空间	被建设用所覆盖的具有较强生活功能的土地利用类型	城镇建设用地、其他建设用地、农村居民点、交通运输用地
生态空间	具有较强生态功能的土地利用类型以及人类未直接利用,但能通过其特殊的地形维护区域生态安全的未利用地	绿被地(林地、园地、草地及其他)、裸土地、坑塘水面、河流、水库、内陆滩涂

改进的空间冲突模型如下:

$$SCCI = SCI + SFI - SSI + SHI \quad (1)$$

式中:SCCI 为空间冲突综合指数;SCI 为空间复杂度指数;SFI 为空间脆弱度指数;SSI 为空间稳定度指数;SHI 为空间异质性指数。

(1) 空间复杂度指数(SCI)。

$$SCI = AWMPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[ \frac{2 \ln(0.25 P_{ij}) \times a_{ij}}{\ln(a_{ij}) A} \right] \quad (2)$$

式中: $P_{ij}$  为斑块周长; $a_{ij}$  为斑块面积; $A$  为空间单元面积; $i, j$  为第  $i$  个空间单元格内第  $j$  种空间类型; $m$  为研究区总的空间评价单元数; $n$  为“三生”空间类型总数。为了测算方便,将其结果线性标准化到 0~1。

(2) 空间脆弱度指数(SFI)。

$$SFI = \sum_{i=1}^n F_i \times \frac{a_i}{A} \quad (3)$$

式中: $F_i$  为  $i$  类空间类型的脆弱度指数(工业生产空间=2,农业生产空间=3,生活空间=1,生态空间=4); $n$  为空间类型总和; $a_i$  为空间单元内的各类景观的面积; $A$  为空间单元面积。为了测算方便,将其结果线性标准化到 0~1。

(3) 空间稳定度指数(SSSI)。

$$SSI = 1 - \frac{PD - PD_{\min}}{PD_{\max} - PD_{\min}} \quad (4)$$

$$PD = \frac{n}{A} \quad (5)$$

式中:PD 为景观破碎度; $PD_{\max}$ ,  $PD_{\min}$  分别为它最大值和最小值; $n$  为空间单元斑块数量; $A$  为空间单元面积。

(4) 空间异质性指数(SHI)。

$$SHI = PRD + SHDI + SHEI \quad (6)$$

式中:PRD 为斑块丰富密度指数;SHDI 为香农多样性指数;SHEI 为香农均匀度指数。为了测算方便,将其结果线性标准化到 0~1。

使用 Fragstats4.2 移动格网法求取景观指数,结合 ArcGIS10.2 软件定量诊断矿粮复合区陈贵镇 5 期“三生”空间冲突水平。由于 Fragstats4.2 软件计算各类景观指数结果依赖于所选取渔网的大小,因此分别选取 600 m×600 m, 500 m×500 m, 400 m×400 m, 350 m×350 m, 300 m×300 m 大小的渔网,比较空间冲突结果在各区域的差异性,最终选择 350 m×350 m 大小的渔网将研究区划分为 1 012 个评价单元,为避免边界区域未饱和单元的“三生”空间面积过小,导致冲突测度值与实际情况差异较大,将“三生”空间面积未达到 60 000 m<sup>2</sup> 的渔网舍弃,其余按照完整单元面积计算,最终有效渔网个数为 906 个。为了方便计算,将冲突结果线性标准化到 0~1。根据土地利用冲突指数累积频率曲线分布特征,采用自然间断点法进行冲突分级(表 2)。

表 2 研究区“三生”空间冲突分级

Table 2 Classification of 'production-living-ecological' space conflicts in the study area

冲突类型	冲突分级	冲突类型说明
较弱空间冲突	[0.0~0.15)	土地利用冲突的基本控制阶段,冲突的外部影响可稳定控制
中等空间冲突	[0.15~0.35)	土地利用冲突的显现阶段,冲突的外部影响基本可控,预防管理的关键期
较强空间冲突	[0.35~0.55)	土地利用冲突的转变阶段,冲突的外部影响基本失控,冲突表现形式公开化
强空间冲突	[0.55~1)	土地利用冲突的胶着状态,冲突的外部影响严重失控,区域协调可持续发展受到极大威胁

注:分类方法不同,造成的不同分类结果,将在讨论里展开说明。

### 2.3 生命周期法

陈其慎等<sup>[25]</sup>在理想状态假设条件下提出了矿业

发展周期模型,认为中国的矿业发展经历萌芽、发展、转折和衰退 4 个时期。论文以黄石市 24 个年份的采

矿量数据近似验证陈贵镇采矿业的生命周期规律,结果表明陈贵镇采矿业的生命周期特性明显,并通过查阅资料发现生命周期的时间节点与国家相应政策措施的出台时间有一定关联性。陈贵镇自 20 世纪 80 年代采矿以来,矿业发展共经历了 4 个阶段(图 1):第 1 阶段(1986—1996 年)萌芽期。个体户开采居多,采矿技术落后,矿产资源浪费严重;第 2 阶段(1996—2008 年)发展期。在此期间大力整顿矿业秩序,运用“陈贵模式”使矿业秩序由大乱到大治,“企业由地下向地面转变”的思路,拉长了矿业产业链,有技术有规模有组织地采矿,大大增加了矿开采量,并实现了经济发展的三次跨越;第 3 阶段(2008—2016 年)转折期。2008 年,大冶被国务院确定为全国首批资源枯竭型城市;第 4 阶段(2016—2020 年)衰退期。从 2016 年开始,湖北制定五大行动计划,实施全省重点矿山地质环境恢复治理。论文将生命周期方法纳入陈贵镇空间冲突分析,更能清楚反映该区域空间冲突的变化。

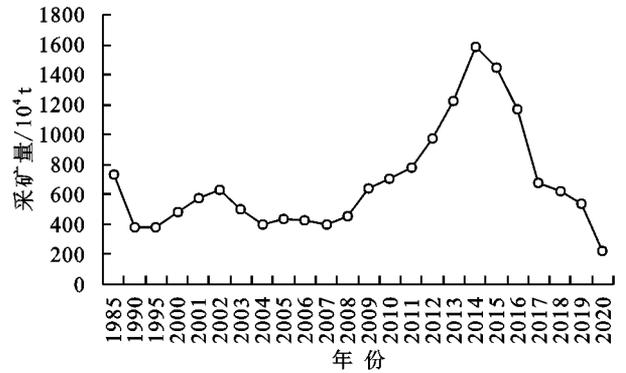


图 1 黄石市历年采矿量

Fig. 1 Mining volume in Huangshi City over the years

### 3 结果与分析

#### 3.1 “三生”空间格局演化特征分析

3.1.1 “三生”空间格局分析 根据三生用地空间分类体系,得到 1986 年、1996 年、2008 年、2016 年、2020 年 5 期陈贵镇“三生”空间面积汇总表(表 3)及空间格局分布图(图 2)。

表 3 1986—2020 年陈贵镇“三生”空间面积及占比

Table 3 Area and proportion of ‘production-living-ecological’ space in Chengui Town from 1986 to 2020

年份	工业生产空间		农业生产空间		生活空间		生态空间	
	面积/hm <sup>2</sup>	占比/%	面积/hm <sup>2</sup>	占比/%	面积/hm <sup>2</sup>	占比/%	面积/hm <sup>2</sup>	占比/%
1986	376.23	3.41	5110.45	46.29	1306.33	11.83	4247.81	38.47
1996	344.85	3.11	4588.63	41.36	1299.79	11.72	4859.38	43.81
2008	418.77	3.79	4626.01	41.90	1264.62	11.45	4730.52	42.85
2016	373.87	3.39	4832.81	43.78	1271.06	11.51	4562.37	41.33
2020	418.84	3.83	4175.79	38.23	1230.62	11.26	5100.09	46.68

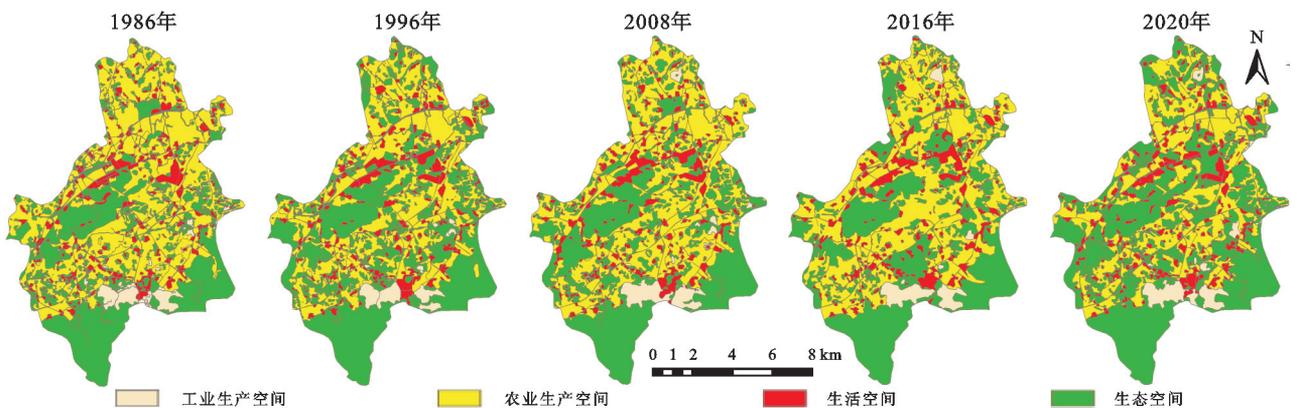


图 2 陈贵镇 1986—2020 年“三生”空间现状分布

Fig. 2 Distribution of ‘production-living-ecological’ space status in Chengui Town from 1986 to 2020

工业生产空间主要以露天矿为代表,空间位置和面积变化不大。农业生产空间以陈贵大道为分界线,上部分集中分布在大港两侧,下部分呈带状,夹在 3 大生态斑块中间,随着时间的推移,空间格局呈现破碎化的趋势。“十三五”规划和《大冶市创建省级生态文明建设示范市规划(2016—2020 年)》进一步推进了退耕还林政策的落实,这是导致 2020 年欧家港村、

矿山村、王祠村的农业生产空间面积下降较为明显的主要原因之一。生活空间在陈贵大道、陈贵大港两侧以及矿产资源丰富的铜山口村较为集中,其他斑块以小聚集的形式分散于陈贵镇,1986—2020 年面积变化幅度不大,整体变迁不明显,但呈现出往空间分布均衡和适宜性较高的地区转化的趋势。生态空间多数聚集分布在小雷山村、南山村、天台村,1996 年和

2020 年的生态空间相比于上 1 个时期节点的面积明显增加,2008—2016 年度过城镇化协调发展阶段进入高质量发展阶段,城镇化进程的推进速度加快,导致生态空间呈现减少的趋势。2016—2020 年,《黄石市矿产资源总体规划(2016—2020 年)》《湖北省环境保护“十三五”规划》中强调落实矿山地质环境保护,在此期间开展了大冶市绿色矿业发展示范区建设工程,矿山地质环境治理示范工程、矿产资源节约与综合利用工程、矿山复垦工程等,大量生态环境保护措施的落地,使得 2020 年的生态空间面积较 2016 年有明显增长。

表 4 不同时段内陈贵镇“三生”空间的转移矩阵及变化状况

Table 4 Transfer matrix and change status of 'production-living-ecological' space in Chengui Town in different time periods

时段	空间类型	空间				转入	转出	净变化
		工业生产空间	农业生产空间	生活空间	生态空间			
1986—1996	工业生产空间	282.9	2.1	24.7	66.5	32.1	93.3	-61.2
	农业生产空间	12.7	3575.4	226.2	1295.4	591	1534.2	-943.2
	生活空间	7.9	180.1	933.4	184.9	365.2	372.9	-7.7
	生态空间	11.5	408.8	114.3	3713.1	1546.8	534.7	1012.2
1996—2008	工业生产空间	288.2	6.1	11.8	9.5	130.6	27.4	103.2
	农业生产空间	29	3410.4	161.4	567.6	1215.6	758.1	457.5
	生活空间	24.7	178.6	967.2	128.7	297.4	332.1	-34.7
	生态空间	76.8	1030.8	124.2	4015.5	705.8	1231.9	-526.1
2008—2016	工业生产空间	306.6	22.2	12.6	77.3	67	112.2	-45.2
	农业生产空间	15.3	3412.7	223.8	961.7	1416.4	1200.8	215.6
	生活空间	26.9	248	855.1	134.6	415.6	409.5	6.1
	生态空间	24.8	1146.1	179.2	3365.9	1173.6	1350.1	-176.5
2016—2020	工业生产空间	321.8	2.1	13.6	35.8	97.1	51.5	45.6
	农业生产空间	13.6	2858.5	225.3	1678.2	709.6	1917.1	-1207.5
	生活空间	12.3	137.6	871.1	212.4	359.7	362.3	-2.6
	生态空间	71.2	569.9	120.8	3759.2	1926.4	761.9	1164.6

### 3.2 “三生”空间冲突测算

3.2.1 “三生”空间冲突时空演变特征 通过对陈贵镇 1986—2020 年的冲突指数值进行统计(表 5)可以发现,陈贵镇“三生”空间冲突类型以较弱空间冲突和

3.1.2 “三生”空间动态转移特征分析 由分析统计可知(表 4),1986—2020 年期间,陈贵镇“三生”空间类型转换中,农业生产空间和生态空间成为转出转入面积最大的两类空间类型,“耕地—林地”互转成为最显著的土地转换方式,说明在矿粮复合区“退耕还林”和“占林开耕”的行为同时存在。矿开采带来高收益的同时,人们对生活空间具有更多的选择,这也使得生活空间在扩张变迁的过程中,出现侵占农业生产空间和生态空间的现象。此外,转换面积超过 100 hm<sup>2</sup> 的土地转换方式还有农业生产空间转为生活空间、生态空间转为生活空间。

中等空间冲突为主,空间单元数量占比超过总数的 67%,较强空间冲突占比达总数的 20%左右,强空间等级的空间单元数最少,占比不超过 13%。

表 5 1986—2020 年陈贵镇“三生”空间冲突指数测算结果统计

Table 5 Statistics of the calculation results of the 'production-living-ecological' space conflict index in Chengui Town from 1986 to 2020

冲突级别	冲突指数	冲突单元数/个					冲突单元占比/%				
		1986 年	1996 年	2008 年	2016 年	2020 年	1986 年	1996 年	2008 年	2016 年	2020 年
较弱空间冲突	(0~0.15]	314	304	293	355	326	34.66	33.55	32.34	39.18	35.98
中等空间冲突	(0.15~0.35]	349	305	326	331	303	38.52	33.66	35.98	36.53	33.44
较强空间冲突	(0.35~0.55]	196	177	194	151	210	21.63	19.54	21.41	16.67	23.18
强空间冲突	(0.55~1]	47	120	93	69	67	5.19	13.25	10.26	7.62	7.40
总计		906	906	906	906	906	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

在对不同冲突等级的空间单元数量变化分析的基础上,结合 4 个阶段陈贵镇“三生”空间冲突等级分

布图(图 3),对不同冲突等级空间单元的空间分布及其变化情况进行分析:

较弱空间冲突单元占比为 32.34%~39.18%，占研究单元的 30%左右，和中等空间冲突一起为陈贵镇“三生”空间的协调发展以及控制空间冲突起到了重要作用。空间单元比重除了在转折期增加 6.84%，在其他阶段都有下降。较弱空间冲突区域主要分布在陈贵镇南部如南山村、洋塘村，东南部如天台村、李河村以及中部地区如小雷山村、陈贵村等。随着时间的推移，除了植被覆盖率高、生态功能强、斑块的复杂度、脆弱度和破碎度低的区域，如南山村、雷山风景区、大泉沟风景区、天台山风景区变化小外，至 2020 年，上述其他区域，有些较弱空间冲突单元变为强空间冲突单元。

中等空间冲突的区域自北向南呈带状分布在陈贵镇的东部和西部，空间单元占比最高为 38.52%，最低为 33.44%。该区域主要为农业生产空间，农业生产空间和生态空间的过渡带，并靠近较弱空间冲突的空间单元，空间类型变换频繁。空间单元占比在萌芽期和衰退期降低，其余两个阶段小幅度的增加。萌芽期时，从中国绿发会的报道来看，矿业重金属对耕地直接和间接的污染深远，迅速发展的采矿业使得大量的农用地被侵占，土壤污染耕地质量下降，采矿区附近的生态被破坏，加剧了工业生产空间和农业生产空间的矛盾。衰退期时，城镇化高质量发展期与资源枯竭型城市转型期同时进行，地类转型增多，出现新的空间冲突。

较强空间冲突分布在雷山风景区的东部和西部，空间单元占比在 1986—2020 年不规律的增减。这些区域主要为单一的工业生产空间、生活空间以及生活空间与农业生产空间、工业生产空间三者的过渡地带及交错地

带(如江添受村、铜山口村、王祠村)，其人类活动较频繁，在城镇化进程中，生活空间的向外扩张，削减了空间斑块的连续性。空间交错地带使得斑块破碎度增加，斑块面积加权平均拼块分形指数变大，边界愈加复杂。工业生产空间由工矿用地构成，由于本身具有的特殊性，与其他空间类型的矛盾较为激烈，从 5 期的空间冲突测评结果来看，工业生产空间周围的冲突水平变化明显，且空间冲突有缓解的趋势。

强空间冲突的区域分布较为零散，空间单元个数占比不超过 13.25%，除了萌芽期增长了 8.06%，总体呈现下降趋势。萌芽期时，陈贵镇“五小”企业发展迅猛，小型采矿场、选矿厂及冶炼企业等也是造成农田污染的重要原因。

从整个生命周期历程来看，在萌芽初期，“三生”空间冲突分布整体状态良好，强空间冲突单元数量少，各空间冲突等级分布均衡。萌芽末期到发展初期，采矿业发展带动了乡镇经济的快速增长，但由于采矿活动缺乏合理规划和成熟的开采技术，生活空间和工业生产空间中强空间冲突和较强空间冲突数量增加，较弱空间冲突数量减少，冲突等级分布趋向破碎化。在发展末期转折初期，部分区域内的强空间冲突转为较强空间冲突，空间冲突趋于缓和，2014 年，“五小”企业全面关闭，并且实施矿山修复相关工程，减轻了生态空间的负担。发展末期转折初期，强空间和较强空间冲突单元数量分别减少 24 个、43 个，较弱空间单元数量增加的同时，空间聚集性增强。转折末期到衰退初期，较强空间冲突单元从较弱空间和中等空间中转出增加了 59 个，强空间冲突基本保持不变。

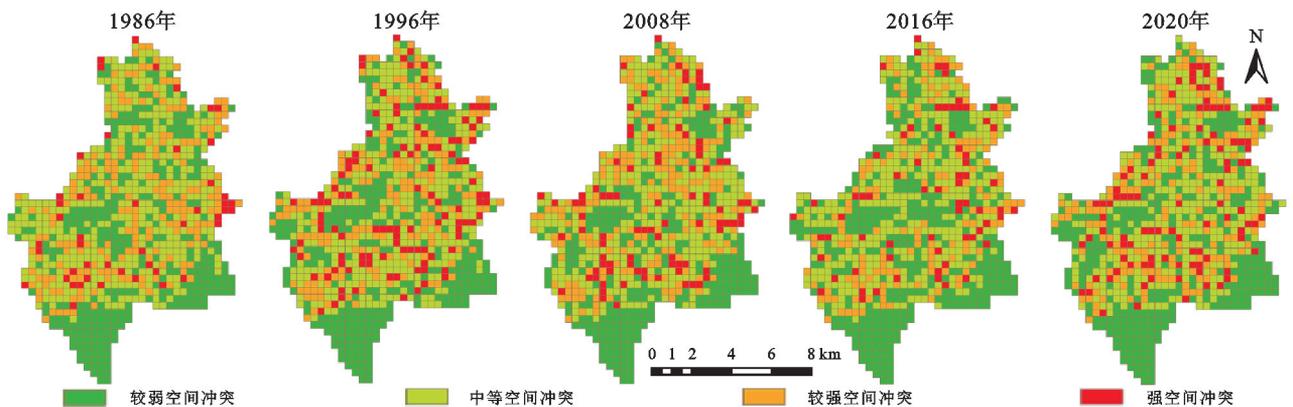


图 3 1986—2020 年陈贵镇“三生”空间冲突分布特征

Fig. 3 Distribution characteristics of “production-living-ecological” space conflicts in Chengui Town from 1986 to 2020

3.2.2 “三生”空间冲突分异特征 对 1986—2020 年 4 种空间类型分别进行空间冲突水平诊断，统计结果发现，各时相同一空间类型冲突水平存在差异(图 4)。

工业生产空间面积占比仅有 0.4%，由于本身的空间异质性较强，空间冲突指数受空间异质性指数影

响较大，因此，内部的空间冲突并不明显，以中等和较强空间冲突为主，其次为强空间冲突，其更多的是对其他 3 类空间产生的影响。从 20 世纪 80 年代的乱开采、滥开采，到 1996 年的矿业秩序整顿以及后期的转型。在这个阶段对矿区环境的治理也愈加严格，在

2008—2020 年期间,积极实施“治山工程”,推进第四批国家绿色矿山试点建设,以及矿山开采区、尾矿库

的环境治理和环境监管,这是工业生产空间及周边空间冲突缓和的重要原因之一。

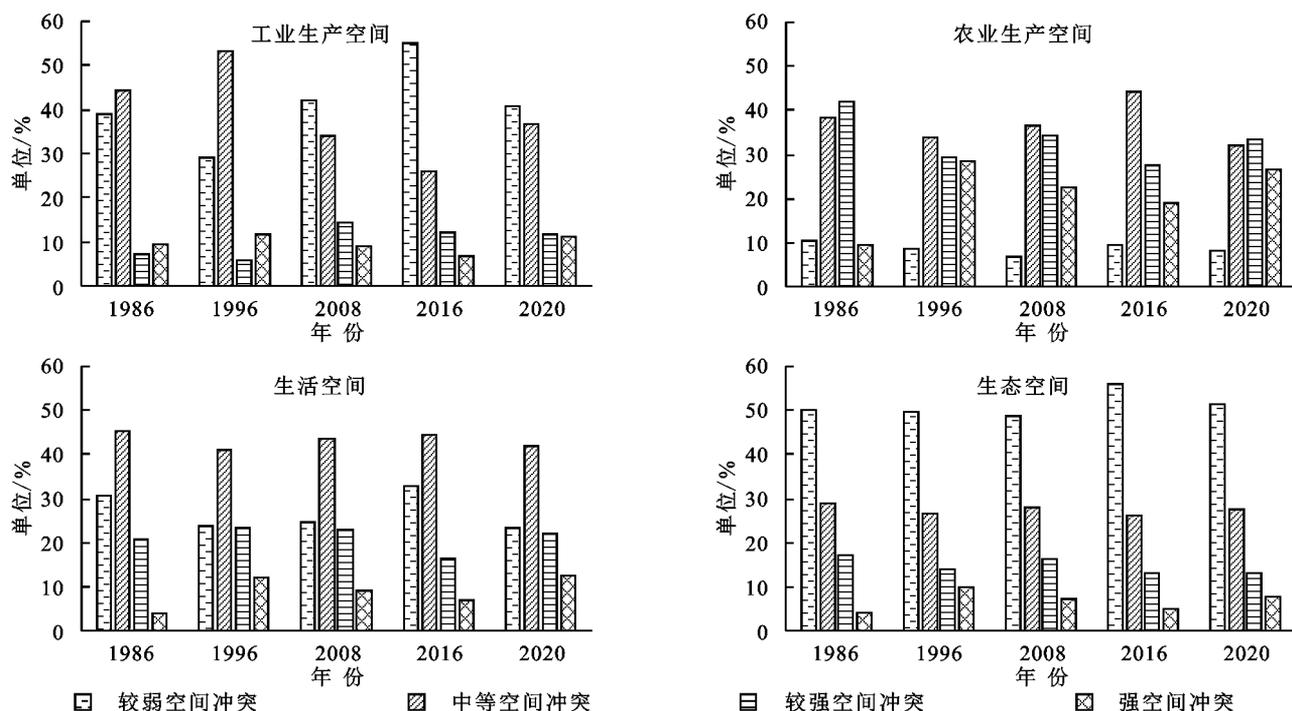


图 4 1986—2020 年陈贵镇不同空间类型的空间冲突等级变化

Fig. 4 Changes of spatial conflict levels of different spatial types in Chengui Town from 1986 to 2020

农业生产空间的冲突等级主要以中等空间冲突为主,其次是较弱空间冲突,两者占比之和达 70%,且中等空间冲突的面积占比保持比较稳定。在衰退期,较强和强空间冲突占比有小范围上升,主要因为在城乡一体化进程推进的高质量阶段,农业生产空间转向生活空间、生态空间,加剧了空间破碎度,但是总体上城乡建设对于土地的竞争已经趋于平和,这得益于后期陈贵镇对农业结构进行大力的调整,依靠科技和相关法律法规用土地流转引领农业规模化经营。

生活空间多处于中等空间冲突和较强空间冲突水平,两者占比之和达 60%以上,较弱空间冲突占比不超过 10%。除此,生活空间冲突最为明显,是冲突管控的重点区域。强空间冲突占比在萌芽期和衰退期变化较大,在衰退期,城镇化在高质量发展进程中,土地利用方式的改变,使得空间结构的不稳定,空间脆弱性指数升高。结合陈贵镇“三生”空间变化情况及其产业发展情况,2015 年开展陈贵镇镇区规划,促进建设用地向中心城市发展,空间聚集性变强,除陈贵村具有明显聚集的斑块外,其他区域出现小团块零散扩张趋势,这也是较强空间冲突占比增多的原因之一,需合理的规划引导。在 1996—2016 年政府对土地资源的利用方式更加地优化,使得在城市扩张中的土地利用方面越来越成熟,强空间冲突占比得到改善。

生态空间在整个生命周期中,各冲突等级占比变

化均较平缓,较弱空间冲突和中等空间冲突总占比达到 80%,较弱空间冲突最高值达到 56.09%。强空间冲突除了在 1996 年占比接近于 10%,其余时期的升降变化率不超过 5%,衰退期升高 2.87%,说明生态空间逐步受到人为干扰。例如:在 2017—2019 年,陈贵镇完成造林面积达 733.33 hm<sup>2</sup>,并实施“四旁”种树,沟渠及其道路林网绿化。从村庄着手建设生态村、生态园、绿色示范村。风景旅游及生态保护作为陈贵镇的一个发展定位,再加之原生态的林地不易发生较大的土地利用变化。因此,陈贵镇生态空间整体空间冲突呈向好趋势。另外从空间转变的结果来看,生态空间与其他 3 类空间的转变总体处于协调的态势。

### 3.3 “三生”空间冲突结果的验证

随机选取 2 组 4 个相邻的空间单元,进行陈贵镇多时项空间冲突与历史影像实证分析(图 5),验证点 1 的空间组成主要为生态空间、农业生产空间以及少量的生活空间。忽略相邻其他空间单元的影响,退耕还林导致生态空间面积的增加,农村建设用地的集约度提升,农业生产空间的整体性等的变化将引起空间冲突的改变。验证点 2 的空间组成主要为生活空间、农业生产空间以及少量的生态空间,可以发现工业化和城镇化的推进、道路密度的增加、建设用地的扩张、耕地的侵占、生态空间的消减、空间斑块分形指数的变化等会引起空间冲突的改变。

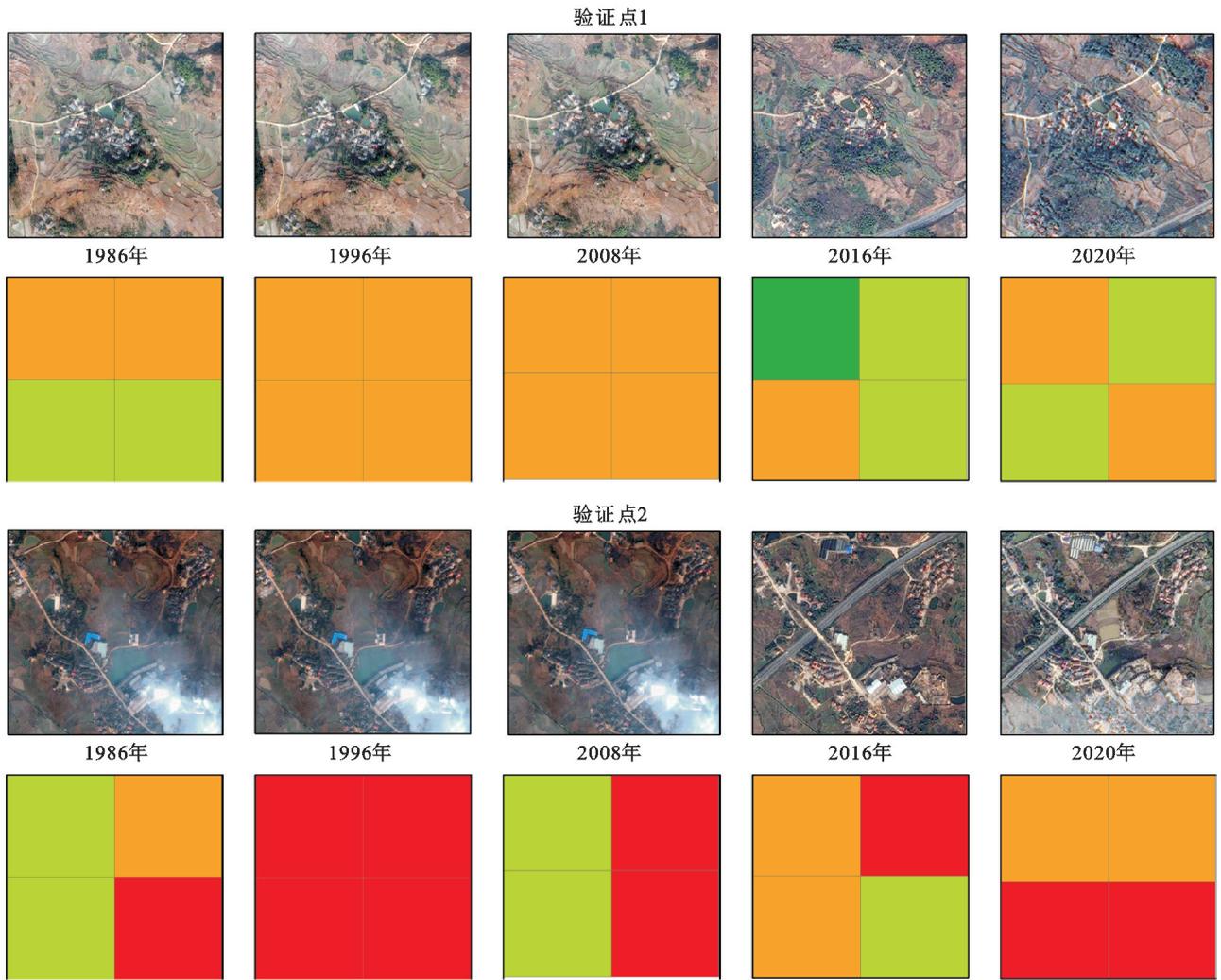


图 5 陈贵镇时空冲突谷歌历史影像实证分析

Fig. 5 Empirical analysis of Google historical images of spatiotemporal spatial conflict in Chengui Town

图 6 为基于 2020 年“三生”空间冲突的评价结果,借助 Google Earth 历史影像图,对各冲突等级随机选取 2 个样点,进行影像对比。验证结果显示,对于强空间冲突,影像显示其建设用地杂乱零散,坑塘水面被道路包围,地表裸露,植被破坏严重,空间结构错乱,空间利用率低,农业生产空间、生活空间、生态空间的矛盾较为突出。较强空间冲突比较突出的特点是具有大面积的建设用地或工矿用地,对农业生产空间和生态空间具有潜在的侵占性,并且其本身具有较高的敏感性,从而呈现出较强的空间冲突。中等空间冲突单元里的各空间类型分布均衡,协调性较高。较弱空间冲突主要是以单一的生产生态空间和生态空间,其面积占绝对优势,且与中等空间冲突的空间单元相邻,其他空间类型对其造成的干扰及外部压力较小,相对比较稳定。

### 4 讨论与结论

#### 4.1 讨论

随着中国工业化和城市化进程的加快,“三生”空间

结构变得不平衡,空间冲突加剧,由此催生了一系列导致区域竞争力下降的社会问题,影响了生态、生产和人居环境。尤其在微观区域以及生态敏感区域中,这种制约更加显著。考虑到传统的定性分析无法充分捕捉土地利用空间的变异性,论文从定量的角度出发,将生命周期理论与改进的空间冲突测度模型相结合,用于诊断矿粮复合区陈贵镇空间冲突并进行冲突演变特征分析,研究结论可以为缓解空间冲突提供政策参考:(1) 5 期的空间冲突诊断结果表明,强空间冲突和较强空间冲突等级的区域相邻。这些区域,要避免生活空间的肆意扩建,适度提高农村建设用地的集约度,鼓励分散的居民点向适宜性好、空间冲突较弱的区域集中,减少生态空间和农业生产空间破碎度。(2) 在各空间的临界区,要严守“三区”“三线”。例如:生活空间与农业生产空间的临界区,可作为农田保护的主体区,改造低产量的耕地,提高耕地的机械化水平。(3) 继续落实矿区的环境保护措施,减少矿产开采对空间资源的破坏。近年来,开启矿山生态修复专项治理行动,虽然取得了

重大突破,但从“黄石市省环保督察组交办举报件办理情况公示”和“中央生态环境保护督查交办信访件和边督边改情况公示”中采矿造成的环境问题仍然存在。(4)从整体性和全域性出发治理生态空间。目前对生态空间的规划治理重点偏向于单个村庄层面,建议在积极推进镇区绿化建设,落实镇村组三级林长

制全覆盖的基础上,对生态空间采取严格的生态保护措施,严格实施“一核、两带、三廊”的绿地布局,最大程度地发挥生态屏障功能。(5)建立监测预警和补偿机制。在提出的“三区”“三线”的基础上,不断完善相关法律法规、严格落实有关规定和标准,注重生态环境保护宣传教育。

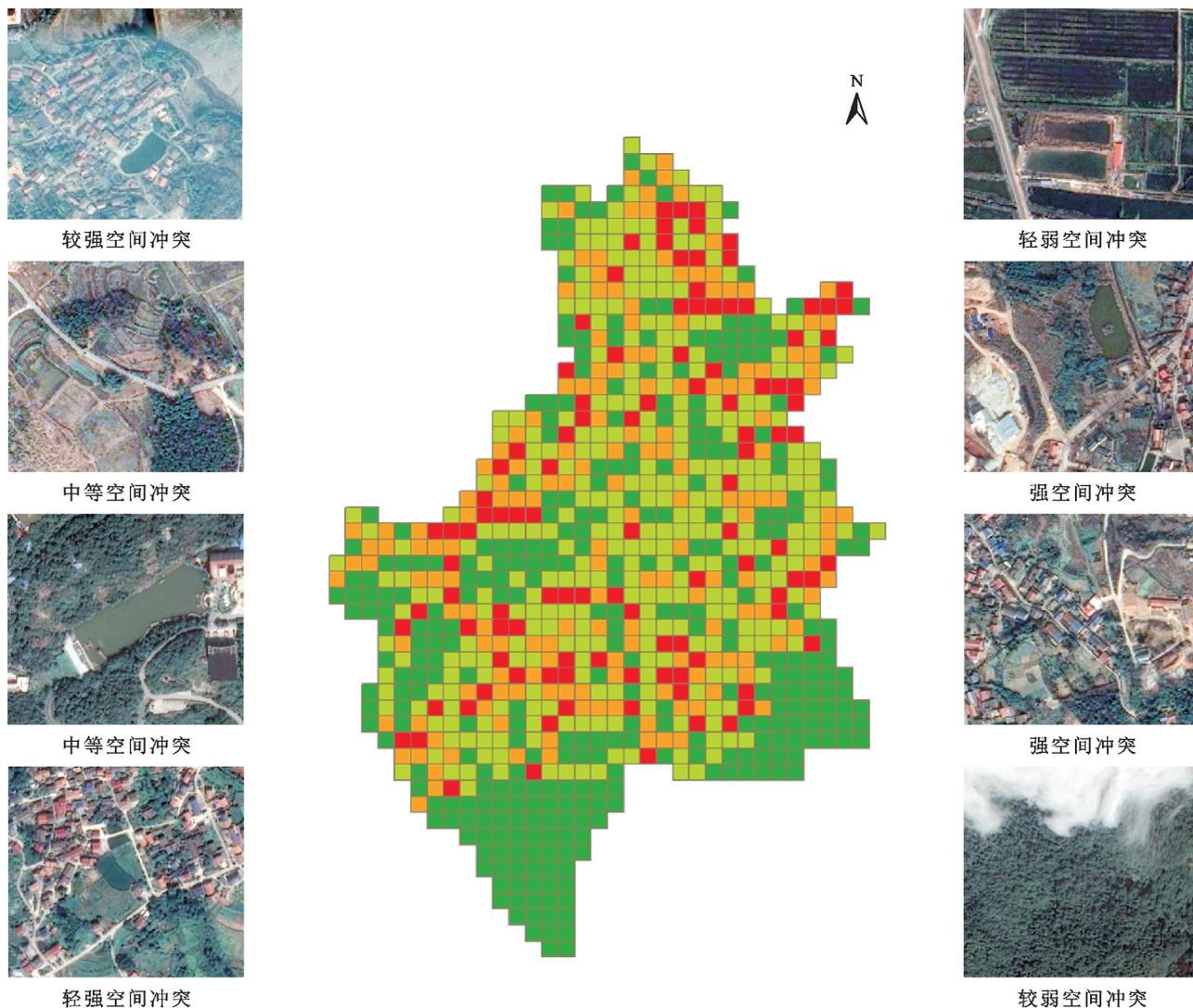


图 6 2020 年陈贵镇“三生”空间冲突谷歌历史影像实证分析

Fig. 6 Empirical analysis of Google historical images of the ‘production-living-ecological’ space conflict in Chengui Town in 2020

空间冲突诊断结果表明矿粮复合区空间冲突特征明显。一方面,论文验证了矿粮复合区土地生态安全矛盾突出,矿粮复合区土地利用冲突强度是由空间性、系统性、全局性因素所引发,另一方面,论文针对矿粮复合区空间冲突这一研究对象,从诊断方法上进行了探讨:(1)论文在空间冲突等级划分方法与等间距法相比较,考虑了数据的分布频率,借鉴倒 U 模型进行分类,使得空间等级的分布更加聚集,符合各冲突等级的特征。(2)分级类型与梅思雨等<sup>[26]</sup>的结果相比较,去掉了弱空间冲突,从较弱空间冲突开始分级,从研究结果看,这一分级类型适用于微观区域,避

免放大数据的主观性。等级划分影响空间冲突分布,现有的分类方法多样,其他分类方法对空间冲突诊断的影响方式与作用结果,有待进一步的深入研究。(3)将生命周期法应用于空间冲突的演变特征研究。与王志伟等<sup>[27]</sup>的研究对比,通过生命周期法确定的研究时间段与传统相隔 5 a, 10 a 等间距的时间段,前者能更清楚地反映采矿引起的空间冲突格局变化,以及在不同时期政府发布的相关政策对空间冲突的调整结果。但受生命周期阶段的约束,后期对该地区空间冲突预测的相关研究在时间点的选取上将会受到限制。(4)在冲突演变的原因分析上,论文研究侧重

于已出台政策的影响。根据李争等<sup>[28]</sup>的研究,矿粮复合区空间冲突强度升级的内在原因在于生态补偿实际落地的缺位,对其缓解应在“社会-生态”这个复杂的系统框架下制定方案。后续的研究可综合社会冲突、经济冲突分析,以政策优化为目标,探讨不同政策组合对矿粮复合区空间冲突的影响结果,研究结论对国土空间规划的编制更具指导性。

#### 4.2 结论

(1) 1986—2020年,陈贵镇“三生”空间以生态空间为主,其次是农业生产空间,是转入和转出面积最大的两类空间类型,农业生产空间具有破碎化的发展趋势,生态空间的面积在绿色发展理念下提升相对明显。表明农业生产空间和生态空间具有明显的权衡关系,增加生态空间面积,提高区域生态空间的服务功能,是实现乡镇土地利用的关键。因此,可加强基本农田的建设,保证全镇粮食安全的同时严守生态红线,增强空间的稳定性。矿开采带来高收益的同时,人们对生活空间具有更多的选择,呈现出往空间分布均衡和适宜性较高的地区转化的趋势,要合理控制和规划乡镇发展和土地集约利用边界。工业生产空间的面积变化不大,但对周边空间类型影响明显,可限制造成环境污染的工业项目开发。

(2) 1986—2020年,综合各冲突等级的空间单元占比可以看出,在衰退期,较弱、中等和强空间冲突占比减少,较强空间冲突占比增加,陈贵镇“三生”空间冲突整体有上升的趋势。从空间冲突分布特征可以看出,强空间冲突和较强空间冲突等级主要分布在生活和工业生产空间,并随着城镇化发展,空间的复杂性和破碎度增加。城乡空间冲突的差异大,应避免城镇建设用地的无序扩张,加强基础设施建设的同时要兼顾生态效益。

(3) 1986—2020年,各个空间类型在冲突级别上呈现很大的差异,强空间冲突占比大小排序为:生活空间>工业生产空间>农业生产空间>生态空间,中等空间冲突占比排序为农业生产空间>工业生产空间>生活空间>生态空间,以城乡用地为主的生活空间依旧为强冲突级别单元数量最高的空间类型,“三生”空间的冲突等级除了生活空间均集中在中等空间冲突和较弱空间冲突等级上。

(4) 对陈贵镇多时相空间冲突和历史影像实证进行分析,结果表明工业化和城镇化的推进、道路密度的增加,建设用地的扩张、耕地的侵占、生态空间的消减、空间分形指数的变化等都会引起空间冲突的改变。通过 Google Earth 历史影像与冲突结果对比验证,发现对于强空间冲突,影像显示其建设用地杂

乱零散,坑塘水面被道路包围,地表裸露,植被破坏严重,空间结构错乱,空间利用率低,农业生产空间、生活空间、生态空间的矛盾较为突出。同时对陈贵镇而言,空间分布、表现和冲突程度决定了应采用不同的治理策略,如边际耕地转为林、增减平衡、生态下沉、产业配套、发展高效现代农业等。因此,在陈贵镇未来的转型发展规划中,应重点关注农业生产和生态保护,做好旅游产业规划和土地规划间的协调工作,建设绿色示范村的同时,积极引进“新农项目”,在大力发展工业的同时,保持对环境的治理和监管。

#### 参考文献(References):

- [1] 陈秋计,孔云峰,张洪波,等.矿粮复合区生态足迹演变研究[J].干旱区资源与环境,2008,22(1):16-20.  
Chen Q J, Kong Y F, Zhang H B, et al. Evolvment of ecological footprint in composite zone of mine and grain [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008,22(1):16-20.
- [2] 郝玉芬,杨璐,胡振琪.矿-粮复合区土地利用规划环境影响评价[J].中国矿业,2007,16(9):42-44.  
Hao Y F, Yang L, Hu Z Q. Environment impact assessment of land use planning for overlapped areas of crop and mineral production [J]. China Mining Magazine, 2007, 16 (9):42-44.
- [3] 冯玮,杨俊.矿粮复合区土地利用冲突识别研究:以江西永平铜矿为例[J].安徽农业科学,2017,45(1):187-189,196.  
Feng W, Yang J. Land use conflict identification in the mine-grain mixed zone: A case study in Yongping Copper, Jiangxi Province [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2017,45(1):187-189,196.
- [4] 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 L L, Liu Y S, Wang Y S. Research progress and prospect of land-use conflicts in China [J]. Progress in Geography, 2020,39(2):298-309.
- [5] Campbell D J, Gichohi H, Mwangi A, et al. Land use conflict in Kajiado District, Kenya [J]. Land Use Policy, 2000,17(4):337-348.
- [6] Feola G, Suzunaga J, Soler J, et al. Ordinary land grabbing in peri-urban spaces: Land conflicts and governance in a small Colombian City [J]. Geoforum, 2019,105:145-157.
- [7] 王珊珊,毋兆鹏,王娟娟,等.新疆乌鲁木齐市“三生”用地的空间冲突研究[J].水土保持通报,2022,42(2):330-337.  
Wang S S, Wu Z P, Wang J J, et al. Spatial conflicts of productive-living-ecological land in Urumqi City of Xinjiang Wei Autonomous Region [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022,42(2):330-337.
- [8] 李争,宋振江,杨俊.矿粮复合区生态补偿各方利益主体多阶段动态博弈分析[J].科技管理研究,2017,37(13):

- 215-222.
- Li Z, Song Z J, Yang J. The multistage dynamic games theory analysis on the ecological compensation's stakeholders in mine-grain mixed zone[J]. Science and Technology Management Research, 2017, 37(13):215-222.
- [9] 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 X, Tang F, Zhang P T, et al. Dynamic simulation and characteristic analysis of county production-living-ecological spatial conflicts based on CLUE-S model[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(16):5897-5908.
- [10] Zou L L, Liu Y S, Wang J Y, et al. An analysis of land use conflict potentials based on ecological-production-living function in the southeast coastal area of China[J]. Ecological Indicators, 2021, 122:107297.
- [11] 王越, 吕冰, 邵祥东, 等. 基于“三生”功能的沈阳经济区土地利用冲突诊断及影响因素[J]. 水土保持研究, 2021, 28(3):249-255.
- Wang Y, Lü B, Shao X D, et al. Identification of land use conflict based on the function of ‘production-living-ecological’ in Shenyang economic zone [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28(3):249-255.
- [12] Qu Y B, Wang S L, Tian Y Y, et al. Territorial spatial planning for regional high-quality development: An analytical framework for the identification, mediation and transmission of potential land utilization conflicts in the Yellow River Delta[J]. Land Use Policy, 2023, 125:106462.
- [13] 杨辰丛海. 海岸带地区三生空间演变与协调性分析: 以惠安县、晋江市为例[J]. 亚热带水土保持, 2021, 33(3):21-25.
- Yang C C H. Analysis on the spatial evolution and coordination of ecological-production-living land use in coastal zone: Case study at Hui'an County and Jinjiang City [J]. Subtropical Soil and Water Conservation, 2021, 33(3):21-25.
- [14] 韦江伟, 赵锐锋, 李玲慧, 等. 干旱区三生用地时空演变特征及空间冲突研究: 以黑河中游地区为例[J]. 水土保持研究, 2021, 28(4):284-292.
- Wei J W, Zhao R F, Li L H, et al. Study on the spatial and temporal evolution characteristics and spatial conflicts of the land for production-living-ecological in arid areas: A case study of the middle reaches of the Heihe river[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28(4):284-292.
- [15] 冯涛, 石培基, 张学斌, 等. 河谷型城市“三生”空间竞争与生态环境效应: 以兰州市为例[J]. 水土保持研究, 2021, 28(3):229-234.
- Feng T, Shi P J, Zhang X B, et al. Competition and eco-environmental effect of ecological-production-living spaces in valley city: A case study of Lanzhou City[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28(3):229-234.
- [16] 尹昌霞, 马仁锋, 毛菁旭. 滨海地区三生空间冲突的时空评测及优化[J]. 上海国土资源, 2021, 42(2):78-84.
- Yin C X, Ma R F, Mao J X. Spatial-temporal evaluation and optimization of spatial conflict in ecological-production-living spaces of coastal region[J]. Shanghai Land & Resources, 2021, 42(2):78-84.
- [17] 赵宇鸾, 张颖, 李秀彬. 黔桂岩溶山区土地利用冲突强度演变及其空间分异特征[J]. 中国岩溶, 2017, 36(4):492-500.
- Zhai Y L, Zhang Y, Li X B. Evolution and spatial variation of land use conflict intensity in Qian-Gui Karst mountainous areas [J]. Carsologica Sinica, 2017, 36(4):492-500.
- [18] 张骞, 赵振斌, 刘阳, 等. 景村融合背景下乡村旅游社区冲突类型结构与形成机制: 以肇兴侗寨为例[J]. 经济地理, 2022, 42(11):216-224.
- Zhang J, Zhao Z B, Liu Y, et al. The spatial characteristics and formation mechanism of conflicts in tourism community under the background of landscape-village integration: A case study of Dong Village in Zhaoxing[J]. Economic Geography, 2022, 42(11):216-224.
- [19] 江颂, 蒙吉军. 土地利用冲突研究进展: 内容与方法[J]. 干旱区地理, 2021, 44(3):877-887.
- Jiang S, Meng J J. Process of land use conflict research: Contents and methods [J]. Arid Land Geography, 2021, 44(3):877-887.
- [20] 罗莎莎, 赖庆标, 林彬, 等. “三生”空间视角下东南丘陵地区土地利用冲突识别[J]. 水土保持通报, 2022, 42(3):148-156.
- Luo S S, Lai Q B, Lin B, et al. Land use conflict identification in southeast hilly area from perspective of “productional-living-ecological” space [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(3):148-156.
- [21] 薛朝浪, 赵宇鸾. 太行山区土地利用冲突测度及其时空特征[J]. 资源开发与市场, 2018, 34(12):1677-1684.
- Xue C L, Zhao Y L. Spatial-temporal characteristics and measures of land-use conflict in Taihang Mountainous Areas[J]. Resource Development & Market, 2018, 34(12):1677-1684.
- [22] 雷嫦, 周国富, 黄启芬, 等. 都匀市村域“三生空间”结构的时空格局[J]. 水土保持研究, 2021, 28(5):380-386.
- Lei C, Zhou G F, Huang Q F, et al. Spatial and temporal pattern of level production-living-ecological (PLE) space in village of Duyun City[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28(5):380-386.

- meteorological drought events: A case study in Australia[J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2017, 128(1):359-379.
- [18] Kamruzzaman M, Hwang S, Cho J, et al. Evaluating the spatiotemporal characteristics of agricultural drought in Bangladesh using effective drought index[J]. *Water*, 2019, 11(12):2437.
- [19] Ma Q Y, Zhang J Q, Sun C Y, et al. Drought characteristics and prediction during pasture growing season in Xilingol grassland, Northern China[J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2018, 133(1):165-178.
- [20] 周凯,王义民.基于 EOF 的渭河流域干旱时空分布特征研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2020, 48(1):146-154.  
Zhou K, Wang Y M. Temporal and spatial distribution of drought in the Weihe River Basin based on EOF[J]. *Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition*, 2020, 48(1):146-154.
- [21] Huang J, Sun S L, Xue Y, et al. Changing characteristics of precipitation during 1960—2012 in Inner Mongolia, Northern China[J]. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2015, 127(3):257-271.
- [22] 高继卿,杨晓光,董朝阳,等.气候变化背景下中国北方干湿区降水资源变化特征分析[J].农业工程学报, 2015, 31(12):99-110.  
Gao J Q, Yang X G, Dong C Y, et al. Precipitation resource changed characteristics in arid and humid regions in Northern China with climate changes[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(12):99-110.
- [23] 张煦庭,潘学标,徐琳,等.基于降水蒸发指数的 1960—2015 年内蒙古干旱时空特征[J].农业工程学报, 2017, 33(15):190-199.  
Zhang X T, Pan X B, Xu L, et al. Analysis of spatio-temporal distribution of drought characteristics based on SPEI in Inner Mongolia during 1960—2015 [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(15):190-199.
- [24] Li W, Duan L M, Wang W J, et al. Spatiotemporal characteristics of drought in a semi-arid grassland over the past 56 years based on the Standardized Precipitation Index[J]. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2021, 133(1):41-54.
- [25] 张巧凤,刘桂香,于红博,等.基于标准化降水指数的锡林郭勒盟干旱特征分析[J].自然灾害学报, 2015, 24(5):119-128.  
Zhang Q F, Liu G X, Yu H B, et al. Analysis of drought characteristics in Xilingol League based on standardized precipitation index[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2015, 24(5):119-128.
- 
- (上接第 412 页)
- [23] 李凯,侯鹰,付奇,等.都市圈“三生空间”协同变化及其对生态系统服务的影响[J].水土保持研究, 2023, 30(3):430-439.  
Li K, Hou Y, Fu Q, et al. Synergistic changes of production-living-ecological space and their influences on ecosystem services in the metropolitan area[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2023, 30(3):430-439.
- [24] 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.
- [25] 陈其慎,于汶加,张艳飞,等.矿业发展周期理论与中国矿业发展趋势[J].资源科学, 2015, 37(5):891-899.  
Chen Q S, Yu W J, Zhang Y F, et al. Mining development cycle theory and development trends in Chinese mining[J]. *Resources Science*, 2015, 37(5):891-899.
- [26] 梅思雨,李本智,易海军,等.快速城市化区域的三生空间冲突时空演化特征分析:以浙江省镇海区为例[J].  
上海国土资源, 2022, 43(3):55-60, 98.  
Mei S Y, Li B Z, Yi H J, et al. The spatio-temporal evolution characteristics of spatial conflict between production-living-ecological spaces in rapidly urbanized regions: A case study of Zhenhai District in Zhejiang Province[J]. *Shanghai Land & Resources*, 2022, 43(3):55-60, 98.
- [27] 王志炜,魏宇,李申,等.胶东半岛三生空间的时空演变与冲突测度研究[J].环境工程技术学报, 2023, 13(1):386-393.  
Wang Z W, Wei Y, Li S, et al. Spatio-temporal evolution and conflict measurement of ecological-production-living spaces in Jiaodong Peninsula[J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2023, 13(1):386-393.
- [28] 李争,宋振江,杨俊.“社会-生态”情景视角下矿粮复合区土地利用冲突缓解机制研究[J].中国矿业, 2018, 27(5):13-18, 32.  
Li Z, Song Z J, Yang J. Study on the relief mechanism of land use conflict in mine-grain mixed zone from the perspective of social-ecological system[J]. *China Mining Magazine*, 2018, 27(5):13-18, 32.