

DOI:10.3969/j.issn.1003-5060.2024.10.009

长江经济带非金属矿采矿权时空变化特征分析

吴章¹, 陈义华¹, 陈从喜^{1,2}, 任升莲¹, 刘建敏¹, 李加好¹

(1. 合肥工业大学 资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230009; 2. 自然资源部信息中心, 北京 100036)

摘要:文章基于长江经济带非金属矿产数据,利用地理信息系统(geographic information system, GIS)空间分析方法和脱钩模型研究 2007—2018 年期间该地区非金属矿采矿权分布的时空变化特征。结果表明:非金属矿开采重心呈现出向西部地区移动的趋势;非金属矿采矿权分布呈现“西南—东北”的空间格局,且非金属矿高开采强度区呈现出收缩趋势;非金属矿采矿权分布具有显著的空间正相关特性,其中,高-高类型区域分布在贵州、江西等省份,低-低类型区域分布在浙江、江苏、安徽等省份;非金属矿采矿权面积与经济增长脱钩状态稳定,脱钩情况理想,经济发展对非金属矿产开发依赖性减小;建筑石料用灰岩采矿权分布的时空规律和非金属矿采矿权分布的时空规律相似,均呈现开采重心向西部偏移的态势。该研究结果反映了在 2007—2018 年中国经济高速发展期间,长江经济带非金属矿采矿权分布的时空特征变化及其影响因素,为今后非金属矿产资源开发空间布局优化提供空间决策参考。

关键词:长江经济带;非金属矿采矿权;脱钩模型;地理信息系统(GIS)空间技术;时空变化

中图分类号:F407.1

文献标志码:A

文章编号:1003-5060(2024)10-1353-09

Analysis of temporal and spatial variation characteristics of non-metallic mineral mining rights in the Yangtze River Economic Belt, China

WU Zhang¹, CHEN Yihua¹, CHEN Congxi^{1,2}, REN Shenglian¹, LIU Jianmin¹, LI Jiahao¹

(1. School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. Information Center of Ministry of Natural Resources, Beijing 100036, China)

Abstract: Based on the data of non-metallic minerals in the Yangtze River Economic Belt, this paper uses geographic information system (GIS) spatial analysis methods and decoupling models to study the temporal and spatial variation characteristics of the distribution of non-metallic mineral mining rights in the region from 2007 to 2018. The results show that the mining core of non-metallic mines is moving to the western region. The distribution of non-metallic mineral mining rights shows a spatial pattern of southwest-northeast, and the high-intensity mining areas of the non-metallic mines show a shrinking trend. The distribution of non-metallic mineral mining rights has a significant positive spatial correlation. Among them, the high-high type areas are distributed in provinces such as Guizhou and Jiangxi, and the low-low type areas are distributed in provinces such as Zhejiang, Jiangsu, and Anhui. The area of non-metallic mineral mining rights is stably and ideally decoupled from economic growth, and economic development is less dependent on the development of non-metallic minerals. The temporal and spatial law of the distribution of mining rights for limestone for building stones is

收稿日期:2021-10-26; **修回日期:**2021-11-23

基金项目:中国矿产地志资助项目(DD20190379);自然资源部预算资助项目(2019-57-0114-01)

作者简介:吴章(1996—),男,安徽合肥人,合肥工业大学硕士生;

陈义华(1973—),男,安徽安庆人,博士,合肥工业大学讲师,通信作者, E-mail: yihuach@163.com;

陈从喜(1963—),男,安徽萧县人,博士,自然资源部信息中心研究员;

任升莲(1963—),女,安徽凤阳人,博士,合肥工业大学教授,博士生导师;

刘建敏(1980—),女,安徽界首人,博士,合肥工业大学教授,硕士生导师。

similar to that of the distribution of non-metallic mineral mining rights, and both show a shift of the mining core to the west. These results reflect the variations in the temporal and spatial characteristics of the distribution of non-metallic mineral mining rights in the Yangtze River Economic Belt and its influencing factors during the period of rapid economic development of China from 2007 to 2018, thereby providing a reference for spatial decision-making in the future optimization of the development of non-metallic mineral resources.

Key words: Yangtze River Economic Belt; non-metallic mineral mining rights; decoupling models; geographic information system(GIS) spatial technology; temporal and spatial variations

0 引 言

长江经济带作为横跨中国东、中、西部地区的重要经济带,非金属矿产资源丰富,具有独特的经济优势和巨大的发展潜力,为该经济带的发展提供了重要的基础保障。随着非金属矿产资源大规模开发利用,学术界对非金属矿产资源开发利用研究逐年增多。从研究对象上看,既有针对整体非金属矿产资源开发利用的研究^[1],也有针对特定矿种的研究^[2-4]。从研究方法上看,有直观描述非金属矿开采情况的调查^[5],也有数据可视化定量揭示非金属矿产资源开采强度等方面的研究^[6-7]。这些研究都集中在非金属资源上,对非金属矿采矿权的研究尚少,特别是其采矿权的分布特征以及时空演变规律方面更少。

采矿权指在依法取得采矿许可证规定的范围内开采矿产资源和获得所开采矿产品的权利^[8]。一个地区采矿权的数量不仅反映当地的矿业开发能力,也反映其经济状况的优良程度。采矿权数量、地域分布不均衡会导致开发重心发生偏移^[9]。虽然学者加强了对非金属矿采矿权分布规律的研究,但局限在采矿权空间分布规律方面,研究时空变化的较少^[10-11]。同时,在研究尺度上,现有研究大多从全国、省域、市域等宏观视角进行评价分析,而缺乏基于国家发展战略视角下特定经济带非金属矿采矿权分布的研究,导致区域经济带与非金属矿采矿权布局的相关研究不足。因此,本文研究长江经济带非金属矿采矿权时空分布规律具有重要意义。本文基于 2007—2018 年长江经济带非金属矿采矿权数据,采用地理信息系统(geographic information system, GIS)空间分析的多种方法和脱钩模型,研究长江经济带非金属矿采矿权的分布特征以及时空演变规律,为该经济带非金属矿产资源开发空间布局优化提供空间决策参考。

1 研究区概况和数据来源

1.1 研究区概况

长江经济带不但是我国人口、经济、产业最为密集的经济轴带,还是矿产资源集中分布的资源富集带,分布有大量的非金属矿产,主要有建筑石料用灰岩、磷矿、硫矿、石英、萤石、水晶、石墨等。

2018 年,长江经济带新立的非金属矿采矿权主要分布在云南、贵州、江西、湖南等矿产资源丰富的省份,而江苏、浙江、上海等经济发达的区域相对较少,与之前相比,采矿权数量增加的同时,呈现出西部和大部分中部地区非金属矿产资源供给能力高于东部的现象。

长江经济带采矿业城镇单位就业人员数量为 79.3 万人,相较于之前人数有一定的减少,可能与开采技术水平提高等因素有关;该地区总人口约 5.99 亿人,占全国的 42.9%,生产总值达到 40.3 万亿元,占全国的 44.1%,较之前相比,西部欠发达地区的 GDP 和人口占比提升明显,东部和中部地区的占比略微下降,长江经济带内省际差距有所减小,可见采矿权的分布直接影响当地的经济发展。

长江经济带可分为上、中、下游地区。上游地区包括重庆、四川、贵州、云南四省市,是三峡库区的腹地和辐射区,也是我国最重要的国防军事工业基地。中游地区包括江西、湖北、湖南、安徽四省,拥有广阔的市场腹地,蕴含着巨大的消费潜力。下游地区包括上海、江苏、浙江三省市,具有较好的社会经济基础、便捷的交通条件、丰富的旅游资源产品等特征。

1.2 数据来源

本文选择长江经济带非金属矿采矿权数据为基础数据,时间跨度为 2007—2018 年;采矿权数据来源于自然资源部内部资料;环境和生态经济数据来自长江经济带 11 个省市统计年鉴;与非金属矿产资源开发有关国家政策来自自然资源部官网。

2 研究方法

为探究长江经济带非金属矿采矿权分布的时空变化规律,按照不同时间段对研究数据进行了多种 GIS 空间分析法和脱钩模型等研究,主要方法简介如下。

2.1 标准差椭圆法

标准差椭圆 (standard deviation ellipse, SDE) 法可用于识别要素的空间分布特征。SDE 中心相当于非金属矿产开采重心,长轴方向和短轴方向分别代表要素空间分布主趋势方向和次趋势方向,长轴长度和短轴长度分别表征要素空间分布在主趋势方向和次趋势方向偏离重心的程度。一般椭圆方程为:

$$\left(\frac{X}{\sigma_X}\right)^2 + \left(\frac{Y}{\sigma_Y}\right)^2 = S \quad (1)$$

其中: S 为置信度的值; σ_X 、 σ_Y 分别为椭圆在 X 轴和 Y 轴的标准差。

2.2 空间自相关法

空间自相关是对观测值在整个研究区域的空间特征描述。本文采用全局莫兰 (Moran's) 指数 I 检验非金属矿采矿权分布数量在全局尺度的空间相关程度,其计算公式为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (2)$$

其中: n 为空间单元数量; x_i 与 y_j 分别表示单元 i 与 j 的采矿权分布数量; W_{ij} 表示空间权重矩阵。再利用局部莫兰指数识别非金属矿采矿权分布数量的局部空间相关模式,计算公式为:

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2} \quad (3)$$

其中, I_i 表示局部莫兰指数,在显著性检验下,将显著性水平达到阈值的空间单元分为高-高(热点)、低-低(冷点)、低-高、高-低 4 种类型。

2.3 脱钩模型

Tapio 脱钩模型是当前研究资源消耗与经济发展的主要方法,采用“弹性概念”动态反映变量间脱钩关系,公式如下:

$$e_{(N, B_{GDP})} = \frac{\Delta N/N}{\Delta B_{GDP}/B_{GDP}} \quad (4)$$

其中: e 为脱钩弹性指数; N 和 B_{GDP} 分别表示采矿权面积和国内生产总值的基期数值; ΔN 与 ΔB_{GDP} 分别表示现期与基期的差值,见表 1 所列。

表 1 钩状态划分标准

类型	状态	$\Delta N/N$	$\Delta B_{GDP}/B_{GDP}$	e
脱钩	弱脱钩	+	+	$[0, 0.8)$
	强脱钩	-	+	$(-\infty, 0)$
	衰退脱钩	-	-	$(1.2, +\infty)$
负脱钩	扩张负脱钩	+	+	$(1.2, +\infty)$
	强负脱钩	+	-	$(-\infty, 0)$
	弱负脱钩	-	-	$[0, 0.8)$
连接	扩张连接	+	+	$[0.8, 1.2]$
	衰退连接	-	-	$[0.8, 1.2]$

2.4 核密度分析法

核密度估计法的基本思想是地理事件在空间点密度高的区域发生的概率大,在空间点密度低的区域发生的概率低,有助于快速探测非金属矿采矿权分布的热点区域^[12]。其中,核密度估计法的原理是以 P 为圆心,阈值 r 为半径,统计以 P , r 为圆的范围内采矿权数量,并除以圆的面积。一般以 P 点为圆心采矿权数量的核密度为:

$$P(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (5)$$

其中: $P(x)$ 为一个核函数; $h > 0$ 为一个平滑参数,称为带宽; $x-x_i$ 为估计的点到事件 x_i 的距离。本文经过多次试验,确定统计半径为 110 km。

3 时空变化特征分析

3.1 非金属矿开采强度总体分布格局及变化

由于 2012 年非金属矿产资源开发利用呈现出增强的趋势^[13],因此用 2012 年作为间断点,利用 ArcGIS 空间分析工具对 2007 年、2012 年、2018 年长江经济带非金属矿采矿权数据做标准差椭圆分析,标准差椭圆分析结果见表 2 所列。

2007 年非金属矿开采重心在贵州省松桃苗族自治县东部区域,2012 年已经移至重庆市,偏移距离达 29.36 km。此期间上、中游区域大力推进矿业结构优化升级,挖掘资源潜力,综合考虑矿产资源禀赋条件、环境保护力度、经济社会发展需要,统筹矿产资源勘查与开采,科学划分开采规划区块,导致开采重心向西北方向转移。2018 年偏移至贵州省松桃苗族自治县西部区域,偏移距离达到 26.93 km。该期间,国家加大对上游地区开发的支持力度,优先安排能源、矿产资源开发等基础设施建设项目,鼓励国内外投资者到西部投资。在其拉动下,采矿权开采重心向西南方向移动。2007—2018 年,长江经济带非金属矿采矿权开采重心整体呈向西南移动的趋势。

非金属矿采矿权分布呈现“西南—东北”空间格局,同时,标准差椭圆的长轴减小,短轴增大,说明扁率减小,“西南—东北”方向性减弱;椭圆面积整体缩小,一方面显示非金属矿的高开采强度区总体呈现收缩趋势,另一方面,由于四川、重庆、湖南等省份在椭圆内部面积增加,高开采强度区逐

渐向这些省份聚集;方位角先增大后减小,表明集聚轴线先逆时针旋转再顺时针旋转,椭圆西南部省份(如云南、贵州)和东北部省份(如湖北、江西)先后对非金属矿开采强度的拉动作用增强。纵观研究区域非金属矿采矿权的变化情况,是与国家政策、产业结构升级和资源禀赋密切相关的。

表 2 标准差椭圆分析结果

年份	中心经度	中心纬度	椭圆面积/km ²	长半轴/km	短半轴/km	方位角/(°)
2007	109.29°E	28.11°N	840 977	830.79	318.76	72.99
2012	109.05°E	28.28°N	863 372	811.79	338.58	75.38
2018	109.01°E	28.03°N	800 405	779.21	330.28	75.15

2007—2018年,国家先后出台了《国务院关于进一步推进西部大开发的若干意见》《国土资源部发布全国矿产资源规划(2008—2015年)》《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》等政策^[14-16],鼓励上游地区和部分中游地区提高非金属矿产开发强度,这是导致非金属矿产开采重心向西南部偏移的重要原因。而在2012年出台的《国土资源部关于严格控制和规范矿业权协议出让管理有关问题的通知》^[17]中提到严格控制矿业权协议出让范围,逐步减少矿业权协议出让数量,这个则是非金属矿产高开采强度区扩张范围减小的部分原因。长江经济带下游地区对外开放水平较高以及交通便利,再加上生态环境保护的发力,导致其产业结构主要以第三产业为主。中上游地区产业分布结构以第二产业为主,分布顺序为“231”(第二产业在生产总值中所占比重超过第三产业,第三产业在生产总值中所占比重超过第一产业),且中游地区第二产业比重高于上游地区,这是非金属矿产开采高强度区集中在中上游地域不可忽视的因素。长江经济带自然资源禀赋,大体都呈现出西高东低的走势。由以上分析可以看出,资源禀赋也是非金属矿开采重心向西南方向偏移以及非金属矿开采强度呈现“西南—东北”分布格局的因素之一。

3.2 非金属矿采矿权空间自相关分析

3.2.1 全局空间自相关分析

本文首先创建空间距离权重矩阵,然后运用Geoda软件计算2007—2018年长江经济带非金属矿采矿权分布数量的全局莫兰指数 I ,并对其进行显著性检验。结果显示:研究期内,莫兰指数 I 为0.236~0.486,全局莫兰指数 I 均大于0,且均通过显著性水平 $P < 0.05$, $|Z| \geq 1.96$ 的检验,

表明采矿权分布存在显著的空间集聚现象。同时 I 值总体呈现波动上升的态势,表征采矿权分布空间集聚性增强,见表3所列。

表 3 莫兰指数 I 与检验

年份	I	P	Z
2007	0.236	0.001	13.218
2008	0.297	0.001	16.212
2009	0.367	0.001	18.823
2010	0.364	0.001	20.255
2011	0.386	0.001	20.543
2012	0.420	0.001	22.435
2013	0.452	0.001	24.693
2014	0.438	0.001	23.540
2015	0.430	0.001	22.916
2016	0.486	0.001	27.257
2017	0.466	0.001	25.517
2018	0.452	0.001	24.559

长江经济带非金属矿采矿权分布的空间集聚呈现增强的趋势,主要由于长江经济带横跨中国东、中、西三大区域,经济发达,对外开放水平高,非金属矿产在该地区具有独特的竞争优势,开发利用市场空间大,区位优势明显。

3.2.2 局部空间自相关分析

选取2007年、2012年、2018年长江经济带非金属矿采矿权分布数量,利用Geoda软件生成局部的莫兰指数 I 散点图,如图1所示。

从图1可以看出,非金属矿采矿权分布数量的局部空间自相关异质性较为显著,4个象限均有分布,大多数非金属矿采矿权位于第1、第3象限,表明其之间具有正的空间自相关,即这些地区的采矿权分布数量会对其他相邻地区产生一定的影响;落在第2、第4象限的城市较少,表示其之间也存在负的空间自相关。

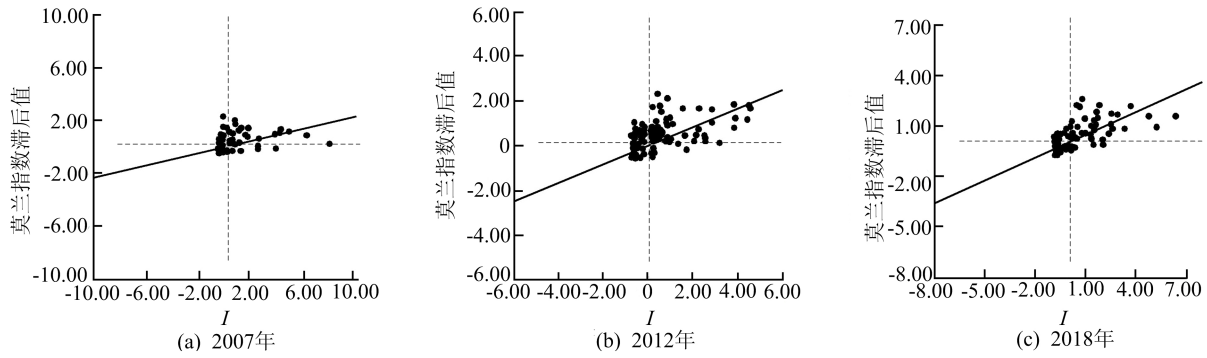


图 1 2007—2018 年莫兰指数散点图

为揭示各地级市非金属矿采矿权分布数量的自相关差异程度,在 $P < 0.05$ 的显著性水平下,将各空间单元属性与位置进行匹配绘制 LISA 聚集见表 4 所列。

从表 4 可以看出,高-高类型区域,即非金属矿采矿权高值集聚区,主要分布在贵州、江西、云南等省,该区域所包含的城市数量呈现增加趋势;低-低类型区域,即非金属采矿权低值集聚区,集中分布在长三角地区城市,该区域所包含的城市

数量在 2007—2018 年集聚增加;低-高和高-低集聚区的城市数量较少,其中高-低集聚区局限于中下游区域,低-高集聚区插花式分布在中上游区域,表明长江经济带非金属矿采矿权具有显著的局部空间正相关特性。

中西部省份城市化发展是采矿权高值区域聚集在中、上游的原因之一,产业新城构建需要开采大量的建筑用砂、水泥配料用砂岩等非金属矿产。

表 4 2007—2018 年长江经济带 LISA 聚集情况

年份	局部自相关类型	城市
2007	不显著区域	德宏傣族景颇族自治州、保山市、临沧市、思茅市、怒江傈僳族自治州、迪庆藏族自治州、大理白族自治州、西双版纳傣族自治州、丽江市、凉山彝族自治州、雅安市、乐山市、眉山市、成都市、襄阳市、绵阳市、广元市、巴中市、遂宁市、资阳市、内江市、自贡市、南充市、达州市、广安市、重庆市、恩施土家族苗族自治州、湘西土家族苗族自治州、怀化市、邵阳市、永州市、神农架、十堰市、宜昌市、襄樊市、随州市、荆门市、张家界、常德市、荆州市、黄石市、黄冈市、鄂州市、仙桃市、潜江市、武汉市、六安市、安庆市、阜阳市、亳州市、淮北市、淮南市、蚌埠市、宿州市、徐州市、连云港市、盐城市、合肥市、马鞍山市、芜湖市、宣城市、铜陵市、黄山市、池州市、景德镇市、上饶市、鹰潭市、衢州市、丽水市、温州市、上海市、邵阳市、大理白族自治州、萍乡市、孝感市、益阳市
	低-低类型区域	滁州市、扬州市、南通市、常州市、无锡市、苏州市、湖州市、嘉兴市、绍兴市、宁波市、台州市、舟山市
	低-高类型区域	攀枝花市、宜宾市、毕节市、黔西南布依族苗族自治州、娄底市、湘潭市、衡阳市、咸宁市、九江市、新余市、郴州市
	高-低类型区域	甘孜藏族自治州、镇江市、南京市、杭州市、金华市、淮安市
2012	高-高类型区域	楚雄彝族自治州、昆明市、玉溪市、红河哈尼族彝族自治州、文山壮族苗族自治州、曲靖市、六盘水市、昭通市、泸州市、贵阳市、遵义市、铜仁市、安顺市、黔东南苗族侗族自治州、黔南布依族苗族自治州、红河哈尼族彝族自治州、玉溪市、岳阳市、长沙市、宜春市、南昌市、抚州市、吉安市、赣州市、株洲市、毕节市
	不显著区域	德宏傣族景颇族自治州、保山市、临沧市、思茅市、怒江傈僳族自治州、迪庆藏族自治州、大理白族自治州、西双版纳傣族自治州、丽江市、淮南市、乐山市、眉山市、成都市、襄阳市、绵阳市、广元市、巴中市、南充市、达州市、广安市、重庆市、恩施土家族苗族自治州、湘西土家族苗族自治州、怀化市、邵阳市、永州市、神农架、十堰市、襄樊市、荆门市、张家界、常德市、荆州市、黄石市、黄冈市、鄂州市、仙桃市、潜江市、武汉市、六安市、安庆市、阜阳市、芜湖市、宣城市、铜陵市、黄山市、景德镇市、上饶市、衢州市、丽水市、温州市、上海市、邵阳市、大理白族自治州、随州市

续表

年份	局部自相关类型	城市
2012	低-低类型区域	亳州市、淮北市、淮南市、合肥市、蚌埠市、宿州市、滁州市、徐州市、宿迁市、连云港市、淮安市、扬州市、泰州市、镇江市、马鞍山市、宣城市、湖州市、嘉兴市、无锡市、常州市、湖州市、苏州市、舟山市、宁波市、台州市、绍兴市、南通市、盐城市
	低-高类型区域	阿坝藏族羌族自治州、德阳市、遂宁市、资阳市、眉山市、内江市、自贡市、泸州市、邵阳市、株洲市、郴州市
	高-低类型区域	金华市、杭州市、南京市
2018	高-高类型区域	凉山彝族自治州、雅安市、楚雄彝族自治州、攀枝花、玉溪市、红河哈尼族彝族自治州、昆明市、曲靖市、文山壮族苗族自治州、昭通市、宜宾市、黔西南布依族苗族自治州、六盘水、安顺市、毕节市、宜宾市、遵义市、铜仁地区、黔南州、贵阳市、怀化市、湘西土家族苗族自治州、恩施土家族苗族自治州、十堰市、怀化市、九江市、宜昌市、新余市、吉安市、鹰潭市、抚州市、赣州市、萍乡市
	不显著区域	德宏傣族景颇族自治州、保山市、临沧市、思茅市、大理白族自治州、西双版纳傣族自治州、丽江市、凉山彝族自治州、雅安市、乐山市、眉山市、成都市、襄阳市、绵阳市、广元市、巴中市、南充市、达州市、广安市、重庆市、恩施土家族苗族自治州、湘西土家族苗族自治州、怀化市、邵阳市、十堰市、襄樊市、荆门市、张家界、常德市、荆州市、黄石市、黄冈市、鄂州市、仙桃市、潜江市、武汉市、蚌埠市、宣城市、景德镇市、上饶市、衢州市、丽水市
	低-低类型区域	阜阳市、六安市、铜陵市、黄山市、金华市、温州市、亳州市、淮南市、淮北市、合肥市、芜湖市、杭州市、金华市、连云港市、徐州市、宿迁市、淮安市、扬州市、南京市、镇江市、常州市、湖州市、绍兴市、台州市、温州市、宁波市、舟山市、泰州市、盐城市、南通市、上海市、无锡市、苏州市、嘉兴市、马鞍山市、宿州市
	低-高类型区域	内江市、自贡市、遂宁市、广安市、娄底市、湘潭市、株洲市、鹰潭市
	高-低类型区域	池州市、宣城市
	高-高类型区域	攀枝花、楚雄彝族自治州、昆明市、玉溪市、红河哈尼族彝族自治州、曲靖市、文山壮族苗族自治州、毕节市、六盘水市、昭通市、宜宾市、泸州市、贵阳市、安顺市、黔南州、黔西南布依族苗族自治州、重庆市、遵义市、铜仁市、恩施土家族苗族自治州、湘西土家族苗族自治州、怀化市、邵阳市、衡阳市、郴州市、萍乡市、新余市、吉安市、赣州市、抚州市、巴中市、眉山市、遵义市

3.3 脱钩实证分析

采矿权面积划分占用土地面积,间接消耗土地资源,故运用脱钩模型研究其与经济之间的关系。2007—2018年,长江经济带非金属矿采矿权面积与经济增长之间经历3种脱钩状态,扩张负脱钩、强脱钩和负脱钩,见表5所列。

表5 非金属矿采矿权面积与经济增长的脱钩评价结果

年份	采矿权面积 变化率	GDP 变化率	脱钩 指数	脱钩 状态
2007	0.281	0.185	1.519	扩张负脱钩
2008	0.018	0.109	0.165	弱脱钩
2009	0.608	0.200	3.040	扩张负脱钩
2010	-0.079	0.196	-0.403	强脱钩
2011	-0.034	0.112	-0.304	强脱钩
2012	-0.005	0.131	-0.038	强脱钩
2013	-0.028	0.075	-0.373	强脱钩
2014	0.142	0.082	1.732	扩张负脱钩
2015	0.130	0.095	1.368	扩张负脱钩
2016	0.005	0.115	0.043	弱脱钩
2017	0.063	0.107	0.589	弱脱钩

其中,大部分年份为强脱钩和负脱钩,表明经

济增长对非金属矿产开发的依赖性减小。主要是由于当社会经济发展到一定阶段后,社会产业经济将实现多元化,经济对矿业的依赖性会减小。扩张负脱钩主要集中在“十一五”和“十二五”期间,这段时间国家大力发展工业、建筑业,对非金属矿产需求增多,间接消耗过多的土地资源,此时长江经济带采矿权面积与经济发展脱钩关系有待改善。总体而言,长江经济带非金属矿采矿权面积与经济增长脱钩状态稳定,脱钩情况理想,经济对非金属矿产开发的依赖性减小。

3.4 非金属矿种采矿权时空分布情况

3.4.1 建筑石料用灰岩采矿权核密度分析

为进一步探究非金属矿采矿权分布规律,本文选择一种常见矿种建筑石料用灰岩采矿权数据进行核密度分析,结果见表6所列。从表6可以看出,研究期内,长江经济带形成一定数量的高密度分布区,各热点区域外围圈层式围绕更低一层的密度区,采矿权分布呈现出“局部密集,圈层递减”的特征。

表 6 建筑石料用灰岩采矿权核密度分析结果

年份	核密度等级	城市
2007	低密度区	自贡市、遂宁市、阿坝藏族羌族自治州、宜昌市、孝感市、天门市、益阳市、淮南市、池州市、泰州市、宿迁市、德宏傣族景颇族自治州、保山市、临沧市、思茅市、怒江傈僳族自治州、迪庆藏族自治州、西双版纳傣族自治州、丽江市、雅安市、乐山市、眉山市、成都市、德阳市、达州市、重庆市、恩施土家族苗族自治州、湘西土家族苗族自治州、怀化市、永州市、神农架、十堰市、襄樊市、荆门市、张家界、常德市、荆州市、黄石市、黄冈市、鄂州市、仙桃市、潜江市、武汉市、安庆市、徐州市、连云港市、盐城市、合肥市、马鞍山市、芜湖市、宣城市、铜陵市、黄山市、温州市、上海市、滁州市、南通市、常州市、无锡市、苏州市、黔西南布依族苗族自治州、娄底市、湘潭市、衡阳市、咸宁市、甘孜藏族自治州、楚雄彝族自治州、文山壮族、曲靖市、六盘水市、昭通市、泸州市、红河哈尼族彝族自治州、岳阳市、长沙市、宜春市、南昌市、赣州市、遵义市、铜仁市、贵阳市、安顺市
	中密度区	昭通市、曲靖市、昆明市地区、凉山彝族自治州、宜宾市、玉溪市、遵义市、重庆市、铜仁市、贵阳市、安顺市、黔东南苗族侗族自治州、长沙市、湘潭市、株洲市、萍乡市、新余市、宜春市、吉安市、抚州市、南京市、镇江市、扬州市、玉溪市
	高密度区	昆明市、玉溪市、萍乡市、宜春市、长沙市、株洲市
2012	低密度区	自贡市、资阳市、阿坝藏族羌族自治州、益阳市、淮南市、南京市、宿迁市、德宏傣族景颇族自治州、保山市、临沧市、思茅市、怒江傈僳族自治州、迪庆藏族自治州、大理白族自治州中、西双版纳傣族自治州、凉山彝族自治州、雅安市、成都市、绵阳市、遂宁市、德阳市、重庆市、恩施土家族苗族自治州北、湘西土家族苗族自治州、怀化市、邵阳市、十堰市、襄樊市、荆门市、常德市、荆州市、黄石市、黄冈市、潜江市、武汉市、连云港市、盐城市、合肥市、马鞍山市、芜湖市、黄山市、景德镇市、衢州市区、丽水市、温州市、上海市、舟山市、常州市、无锡市、苏州市、湖州市、毕节市、娄底市、湘潭市、衡阳市、咸宁市、甘孜藏族自治州、镇江市、杭州市、金华市、楚雄彝族自治州、昆明市、玉溪市、红河哈尼族彝族自治州、文山壮族地区、曲靖市、六盘水市、昭通市、黔东南苗族侗族自治州、长沙市、南昌市、赣州市、贵阳市
	中密度区	丽江市、大理白族自治州、楚雄彝族自治州、昆明市、玉溪市、红河哈尼族彝族自治州、文山壮族、黔西南布依族苗族自治州、安顺市、六盘水市、曲靖市、毕节市、遵义市、重庆市、达州市、恩施土家族苗族自治州、湘西土家族苗族自治州、十堰市、襄樊市、常德市、黄石市、长沙市、萍乡市、宜春市、宜昌市、荆州市、黄冈市、九江市、咸宁市、鄂州市、上饶市、衢州市、宿州市、徐州市、张家界、永州市
	高密度区	昭通市、毕节市、贵阳市、安顺市、黔南布依族苗族自治州、贵阳市、铜仁市、遵义市、恩施土家族苗族自治州、张家界
2018	低密度区	甘孜藏族自治州、阿坝藏族羌族自治州、遂宁市、岳阳市、淮南市、铜陵市、黄山市、池州市、雅安市、泰州市、德宏傣族景颇族自治州、保山市、临沧市、思茅市、怒江傈僳族自治州、大理白族自治州、西双版纳傣族自治州、丽江市、凉山彝族自治州、成都市、襄阳市、重庆市、怀化市、邵阳市、十堰市、襄樊市、荆门市、常德市、荆州市、黄石市、黄冈市、鄂州市、仙桃市、潜江市、武汉市、宿州市、合肥市、马鞍山市、芜湖市、景德镇市、温州市、上海市、邵阳市、大理白族自治州、南通市、常州市、无锡市、苏州市、湖州市、宁波市、台州市、宜宾市、湘潭市、衡阳市、杭州市、曲靖市、泸州市、玉溪市、长沙市、宜春市、南昌市、赣州市、株洲市
	中密度区	保山市、大理白族自治州、楚雄彝族自治州、玉溪市、红河哈尼族彝族自治州、文山壮族自治州、昆明市、六盘水市、宜宾市、昭通市、安顺市、黔西南布依族苗族自治州、贵阳市、遵义市、铜仁市、泸州市、黔东南苗族侗族自治州、怀化市、邵阳市、郴州市、张家界、湘西土家族苗族自治州、恩施土家族苗族自治州、宜昌市、达州市、重庆市、广安市、咸宁市、萍乡市、新余市、宜春市、吉安市、黄冈市、永州市、娄底市、衡阳市、黄石市、九江市
	高密度区	毕节市、昭通市、贵阳市、安顺市、六盘水市、曲靖市、泸州市、宜宾市、铜仁市、宜春市

2007 年采矿权分布较多的地区在湖南、江西、云南等省份;而 2012 年和 2018 年采矿权分布较多的地区主要在贵州省,呈现出建筑石料用灰岩的开采重心同样向西部偏移的态势。2007—2018 年,采矿权在云南、四川、贵州、重庆、湖南、湖北、江西、安徽、浙江、江苏等省份均有分布,但

分布密度存在差异;其中,2007 年采矿权在各省市分布极不平衡,高强度开采区主要分布在云南省东部以及湖南与江西的交界处,其次贵州、江苏等省份也有一定数量采矿权分布,其他地区采矿权数量相对较少,2012 年,高强度开采区偏移至贵州省中部和云南、四川、贵州三省的交界处。同

时,在湖北—云南之间存在一条“东北—西南”走向的采矿权集中分布带,而集中带区域以外的开采程度处于较低水平。2018年,高强度开采区偏移至贵州省的西北部的同时,其分布范围得到增加,“湖北—云南”走向的集中分布带也更加明显。可以发现建筑石料用灰岩采矿权时空分布规律和整体非金属矿采矿权时空分布规律相似。

3.4.2 建筑石料用灰岩产能布局

产能是影响采矿权布局的重要因素。如果产能过低,可以根据实际情况减少采矿权数量,达到去产能的目的。基于数据的可得性,本文选择研究建筑石料用灰岩的产能布局。

首先通过 Excel 筛选出有产能的城市,没有产能的城市标注为无产能城市(或本次建筑石料

用灰岩数据不全),然后根据每个有产能城市的产能大小,基于社会科学统计软件包(statistical package for the social sciences, SPSS)的聚类分析将地级市分为5级^[18],分别为高产能城市、较高产能城市、中等产能城市、较低产能城市、低产能城市,见表7所列。

高产能城市和较高产能城市产能合计占比40.1%,分别是重庆市、毕节市、遵义市、黔南布依族苗族自治州、永州市、荆门市和恩施土家族苗族自治州,该类型城市经济水平较高、矿产资源丰富、交通便利,这些城市的采矿权建议保留。而中等产能城市的采矿权数量可以结合社会经济和自然因素有选择性的削减,优先削减较低产能城市和低产能城市的采矿权数量。

表7 产能分级结果及优化原则

城市产能分级	矿业产能/(10 ⁴ t/a)	市数量/个	产能比例/%	优化原则
高产能城市	$C > 5\ 941$	2	17.9	建议保留
较高产能城市	$2\ 563 < C \leq 5\ 941$	5	22.2	建议保留
中等产能城市	$1\ 243 < C \leq 2\ 563$	15	28.5	选择性削减
较低产能城市	$280 < C \leq 1\ 243$	37	27.1	优先削减
低产能城市	$C \leq 280$	33	4.3	优先削减

4 结 论

本文在前人的研究成果基础上,利用GIS空间分析功能和脱钩模型对2007—2018年期间长江经济带非金属矿采矿权分布特征及其时空格局进行了分析,探讨了长江经济带非金属矿采矿权分布的时空格局演变规律,结论如下。

1) 长江经济带非金属矿采矿权分布呈现“西南—东北”的空间格局,且非金属矿产高开采强度区呈现出收缩趋势。长江经济带非金属矿开采重心呈现出向西部地区移动趋势。

2) 长江经济带非金属矿采矿权分布具有显著的局部空间正相关特性。其中:高-高类型区域分布在贵州、江西、云南等省份;低-低类型区域分布在浙江、江苏、安徽等省份。

3) 长江经济带非金属矿采矿权面积与经济增长脱钩状态稳定,脱钩情况理想,经济的发展对非金属矿产的开发依赖性减小。

4) 建筑石料用灰岩采矿权分布的时空规律和非金属矿采矿权分布的时空规律相似,均呈现开采重心向西部偏移的态势。同时,对于建筑石料用灰岩矿采矿权数量,保留高和较高产能城市

采矿权数量,选择性削减中等产能城市采矿权数量,优先削减较低和低产能城市采矿权数量。

在2007—2018年我国经济高速发展期间,通过对长江经济带非金属矿采矿权时空变化特征分析,在一定程度上揭示了采矿权的分布受资源、环境、社会、经济、政策及政治等各方面因素的影响。该研究结果能够更精细和整体地反映采矿权分布的演变规律及影响因素,从而为非金属矿产资源开发空间布局优化提供空间决策参考。

[参 考 文 献]

- [1] 储瑶. 安徽省非金属矿产资源开发利用的建议[J]. 中国矿业, 2019, 28(8): 30-33.
- [2] 余丽秀, 邵晨, 朱进, 等. 膨润土开发利用水平评估影响因素探讨[J]. 矿产保护与利用, 2018(6): 20-23, 30.
- [3] 李志威, 王鸽, 李忠水, 等. 我国硅藻土矿利用现状及开发利用对策[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2021(3): 1-5.
- [4] 孙玉梅, 郝俊峰, 郝晓琳. 内蒙古潜在优势非金属矿产资源的开发利用分析[J]. 中国矿业, 2017, 26(4): 51-57.
- [5] 王燕东, 崔彬. 我国建筑石料用灰岩采矿权成交价格变化分析[J]. 中国矿业, 2020, 29(9): 61-65.
- [6] 宋金成, 张志, 宋国策, 等. 大小兴安岭地区矿山开采点时空分布及驱动因素分析[J]. 资源与产业, 2018, 20(4): 75-81.

- [7] 谭力,张志,张高华. 湖北省东部矿产资源违规开采点空间转移及成因机制[J]. 资源科学, 2017, 39(4): 678-686.
- [8] 张凌寒. 《民法典》对矿业权制度的系统性治理[J]. 中国矿业, 2021, 30(3): 14-17.
- [9] 殷腾飞,王永志,谭永杰. 全国煤炭矿业权分布规律研究[J]. 中国煤炭, 2015, 41(2): 16-19.
- [10] 路玉林,谭永杰,王永志,等. 全国矿业权分布规律研究[J]. 中国矿业, 2011, 20(7): 29-34.
- [11] 张衡,王文强,林燕,等. 全国煤炭矿业权时空变化特征分析[J]. 中国煤炭地质, 2021, 33(增刊 1): 31-35, 55.
- [12] SUN W T, WANG Y Q. Coupling analysis of transportation system and public cultural facilities based on POI Data; take Xi'an as an example[J]. World Scientific Research Journal, 2021, 7(4): 414-422.
- [13] 吴琼,吴琪,李树枝,等. 2012 年全国非油气矿产资源开发利用形势[J]. 中国矿业, 2013, 22(9): 6-10.
- [14] 国务院. 国务院关于进一步推进西部大开发的若干意见[EB/OL]. (2008-03-28)[2021-03-16]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2008-03/28/content_2060.htm.
- [15] 国土资源部. 国土资源部发布全国矿产资源规划(2008—2015)[EB/OL]. (2009-01-07)[2021-03-16]. http://www.gov.cn/gzdt/2009-01/07/content_1198508.htm.
- [16] 新华社. 推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动[EB/OL]. (2012-03-28)[2021-03-16]. <http://world.people.com.cn/n/2015/0328/c1002-26764633.html>.
- [17] 国土资源部. 国土资源部关于严格控制和规范矿业权协议出让管理有关问题的通知[EB/OL]. (2012-05-15)[2021-03-16]. http://f.mnr.gov.cn/201703/t20170329_1447084.html.
- [18] 沈明,沈镭,钟帅,等. 基于生态敏感条件的中国资源型城市去产能空间格局优化[J]. 资源科学, 2016, 38(10): 1962-1974.

(责任编辑 吴亮)

(上接第 1347 页)

- [13] WANG C, WANG H, YU F, et al. A high-precision fast smoky vehicle detection method based on improved yolov5 network[C]//2021 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Industrial Design (AIID). [S. l.]: IEEE, 2021: 255-259.
- [14] XIA W, YU F, WANG H, et al. A high-precision lightweight smoke detection model based on SE attention mechanism[C]//2022 2nd International Conference on Consumer Electronics and Computer Engineering (IC-CECE). [S. l.]: IEEE, 2022: 941-944.
- [15] LIU Y, SHAO Z, HOFFMANN N. Global attention mechanism; retain information to enhance channel-spatial interactions[EB/OL]. [2022-03-02]. <https://arxiv.org/abs/2112.05561>.
- [16] LIU S, HUANG D, WANG Y. Learning spatial fusion for single-shot object detection[EB/OL]. [2022-03-02]. <https://arxiv.org/abs/1911.09516>.
- [17] 孙鹏. 固定污染源排放烟气黑度的测定:林格曼烟气黑度图法(HJ/T 398—2007)有效性复审意见[J]. 环境与可持续发展, 2017, 42(2): 123-124.

(责任编辑 张镗)

· 信息与动态 ·**《合肥工业大学学报(自然科学版)》专栏征稿启事**

为了贯彻落实党的二十大精神,紧密围绕科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略,《合肥工业大学学报(自然科学版)》设置“机器人与人工智能”“环境污染与防治”两个专栏,面向国内外专家学者征集“机器人与人工智能”“环境污染与防治”领域的原创性学术论文、专题综述;稿件一经录用将优先刊发。

来稿要求政治导向正确、论证充分、具有较强的引领性和创新性。格式要求参见《合肥工业大学学报(自然科学版)》网页投稿指南的征稿简则和投稿模板。

在线投稿网址:<http://xbzss.hfut.edu.cn/xbzk.html>。