引文格式：高鹏远, 王春博, 赵兵杰, 等. 高时间跨度地类变迁与压占恢复遥感分析[J]. 地理空间信息, 2023, 21(5): 67-70. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2023.05.016

高时间跨度地类变迁与压占恢复遥感分析

高鹏远[1]，王春博[1]，赵兵杰[1]，徐　斌[1]
（1. 河北省煤田地质局物测地质队，河北 邢台 054000）

摘　要：以宣下矿区为研究区，基于1972年、2003年、2013年、2018年4期地类数据，利用遥感技术分析了整个矿区在建矿前、生产中、闭坑后的地类变迁情况以及高时间跨度上的地类流量变化。结果表明，1972年研究区开展了大规模煤矿建设和开采活动，城乡居民与工业用地快速扩展，占用了大量耕地。分析土地的破坏与占用面积以及地貌类型发现，研究区矿山及其相关用地压占土地资源较多，破坏了地形地貌与生态环境，影响程度严重。

关键词：地类变迁；景观格局；土地压占
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）05-0067-04

Remote Sensing Analysis of Land Type Changes and Occupation Recovery in High Time Span

GAO Pengyuan[1], WANG Chunbo[1], ZHAO Bingjie[1], XU Bin[1]
(1. Hebei Province Bureau of Coal Geology Geological Team, Xingtai 054000, China)

Abstract: Taking Xuanxia mining area as the research area, based on the land type data in 1972, 2003, 2013 and 2018, we used remote sensing technology to analyze the land type changes before, during and after mining construction and the land type flow changes in a high time span.The results showed that since 1972, there were large-scale coal mine construction and mining activities, and the urban and rural resident land and industrial land expanded rapidly, while occupying a large amount of cultivated land.The analysis of land destruction and the landform types shows that the mines and related land occupy more land resources, damaging the landform and ecological environment.

Key words: land type change, landscape pattern, land occupation

煤炭资源的开发利用，促进社会经济发展的同时，也对矿区生态环境造成了不同程度的破坏。地质灾害、水土污染、植被破坏和土地压占等问题给生态环境的可持续发展带来了挑战[1]。位于河北省张家口市宣化—下花园区的宣下矿区作为我国重要的能源供给矿区之一，历经百年的开采历史，在煤炭资源大规模开采的同时，也对周边环境产生了不同程度的破坏。相较于已有研究[2-3]，本文采用多源、多期遥感影像数据，分析了1972年与2018年的地类变化情况以及2003年、2013年主要矿权边界范围内的地类情况，基本覆盖了矿区建矿前、生产中、关闭后的整个时间周期；并分析了采矿引起的土地压占与恢复情况，为释放土地利用空间，缓解地区用地紧张提供依据。

1　研究区概况与技术流程

研究区主要位于张家口市宣化—下花园区内，少部分位于怀来县、涿鹿县，地理坐标为40°37′ N、115°03′ E，总面积为288 km^2，由宣化、下花园两个含煤盆地组成。含煤地层为侏罗系中统下花园组，受北西南东向挤压应力的作用，地层变形较强烈，构造较复杂，区内构造线以近东西向的背向斜相间排列为主，断裂次之。

本文首先收集了研究区所需影像数据及其相关资料，高分辨率遥感数据来源于GF-2号卫星，中分辨率数据来源于GF-1号、GF-6号、Landsat7、锁眼等卫星；再通过野外像控点采集，制作配准了研究区的遥感正射影像，并根据解译内容通过各典型地物解译标志，对研究区开展了相关解译分析工作；然后通过野外验证对解译内容进行完善，外业工作结束后进入内业数据分析评价阶段；最后整理成果和编制成果图件、报告。影像处理的主要目的是获取地物边界、类型、位置清晰正确的高分辨率正射影像图，本文采用正射校正→融合[4]→融合检查→降位→增强→配准的技术流程进行处理。

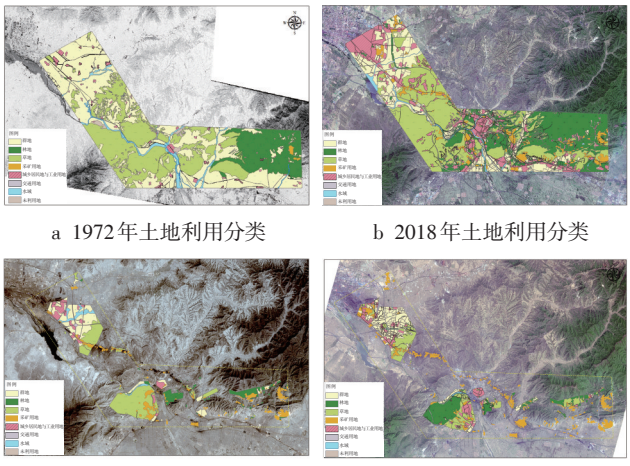
收稿日期：2022-04-07；修回日期：2022-05-25。
项目来源：河北省省级一般公共预算财政资金资助项目（343-0402-YQN-7IAY）。
第一作者简介：高鹏远（1989—），工程师，主要从事测绘、遥感调查等工作，E-mail: 309540439@qq.com。

2 地类解译与分析

依据建立的解译标志，本文采用以目视解译为主，光学、计算机处理识别为辅的解译方法进行要素解译工作。解译中将室内解译与野外调查相结合，遥感解译与常规资料相结合，在建立解译标志的基础上，遵循从已知到未知、先易后难、先整体后局部、先宏观后微观的原则。

2.1 地类解译

本文对1972年和2018年研究区内的土地利用情况（土地利用类型[5-6]、面积、分布情况），矿山环境信息如露天采场、矿山建筑物、中转场地（煤堆、矿石堆、洗煤厂、选矿场等）、固体废弃物（排土场、废石堆、尾矿库、煤矸石堆等）等占地情况进行解译，摸清矿区开采前和部分闭坑后的地类分布情况；对2003年和2013年采矿相关地类以及主要煤矿矿权范围内的土地利用情况进行解译，摸清煤矿开采过程中地类分布情况；开展外业实地核实和解译精度验证，修正了内业解译结果。本文根据利用情况将相关二级地类整合为8大类，如图1所示。



a 1972年土地利用分类 b 2018年土地利用分类

c 2003年重点区域土地利用分类 d 2013年重点区域土地利用分类

图1 土地利用分类

2.2 土地利用分析

由表1可知，1972年研究区土地利用类型以耕地为主，其次为草地，研究区的耕地利用依赖度较高；2018年研究区土地利用类型以草地为主，其次为园林地，整个建设用地类别占比达到了28%大于工业用地占比，表明研究区的采矿利用依赖度较高。

2003年研究区草地面积最大为23.45 km^2，分布于中部山地和西北部丘陵地带，耕地面积为14.48 km^2，主要位于西北部平地区域。2003年处于煤矿开采期，采矿用地明显增加，达到了10.3 km^2。由于2013年正处于煤矿大规模开采阶段，采矿用地面积（15.3 km^2）占比最高，为21.63%，主要为道路两旁的露天煤场；其次为耕地，面积为14.64 km^2，主要位于矿区西北部区域。

表1 1972年、2018年土地利用类型分类表

用地类型	参数	1972年	2018年
耕地	面积/km^2	128.91	52.13
	比例/%	44.76	18.10
园林地	面积/km^2	43.88	71.14
	比例/%	15.24	24.70
草地	面积/km^2	93.88	94.53
	比例/%	32.60	32.82
采矿用地	面积/km^2	0.73	15.53
	比例/%	0.25	5.39
城乡居民地与工业用地	面积/km^2	6.42	40.03
	比例/%	2.23	13.90
交通用地	面积/km^2	2.60	8.31
	比例/%	0.90	2.89
水域	面积/km^2	8.83	4.20
	比例/%	3.07	1.46
未利用地	面积/km^2	2.80	2.13
	比例/%	0.97	0.74

3 地类变迁与压占恢复分析

3.1 地类变化分析与评价

1972—2018年地类流量总变化为125.68 km^2，变化最大的为耕地，流出75.32 km^2，流入5.62 km^2，其中24.15 km^2流出为城乡居民与工业用地，占耕地流量变化的32.06%；水域流出面积为6.47 km^2，流入面积为2.56 km^2（表2）；采矿用地共增长14.93 km^2，增长率最高，主要来源为耕地、园林地和草地；城乡居民与工业用地新增面积最多，为34.28 km^2，流出仅为1.5 km^2，主要为城镇周边区域；园林地共计增长20.1 km^2，其中有14.98 km^2来源于耕地，12.25 km^2来源于草地；草地和未利用地的流入与流出基本持平，流量上未发生太大变化。由流量变化分析可知，自1972年研究区开展大规模煤矿建设和开采活动，采矿用地占比和增速急速上升，带动了区内经济的快速发展，城乡居民与工业用地也快速扩展，周边城镇村用地边界发生了较大变迁；但采矿业和城镇建设活动的快速发展占用了大量耕地，导致耕地面积急速减少。

1972—2003年矿区处于起步阶段，采矿业开始发展，采矿用地共增长10.26 km^2，年均增长0.33 km^2；2003—2013年是采矿业飞速发展的黄金10年，区内各主要煤矿均处于开采期，采矿用地共增长5 km^2，年均增长0.5 km^2；2013—2018年受市场和环境保护影响，采矿业效益下滑，相关矿山开始陆续关闭，采矿用地增速急速放缓，共增长0.5 km^2，年均增长0.1 km^2。

3.2 景观格局分析与变化特征

3.2.1 景观格局分析

1972年研究区景观以耕地、其他草地、有林地

表2　1972—2018年研究区地类流量变化转移矩阵/km²

		2018年								
		耕地	园林地	草地	采矿用地	城乡居民与工业用地	交通用地	水域	未利用地	合计
1972年	耕地	–	14.98	21.52	6.81	24.15	4.74	1.59	1.53	75.32
	园林地	0.43	–	4.56	3.45	0.85	0.23	0.05	0.07	9.64
	草地	1.2	12.25	–	4.32	6.9	1.69	0.22	0.85	27.43
	采矿用地	0.01	0.26	0.01	–	0.45	0	0	0	0.73
	城乡居民与工业用地	0.3	0.16	0.23	0.16	–	0.13	0.52	0	1.5
	交通用地	0.25	0.21	0.38	0.08	0.53	–	0.04	0	1.49
	水域	3.19	1.43	0.59	0.17	0.57	0.41	–	0.11	6.47
	未利用地	0.24	0.45	0.76	0.67	0.83	0.01	0.14	–	3.1
	合计	5.62	29.74	28.05	15.66	34.28	7.21	2.56	2.56	125.68

为主要优势类型，其余面积较小的景观类型分别为河流水面、农村宅基地、裸地等。由表3可知，1972年研究区共包括390个景观斑块单元，总体来看，平均斑块面积并不是很大，平均斑块周长面积比较低，景观斑块形状较规整，景观斑块密度为1.35，说明景观的破碎化程度较低[7-8]；2018年研究区共包括3 219个景观斑块单元，总体来看，平均斑块周长面积比较高，景观斑块形状有较高的复杂性和不规则性，景观斑块密度为11.18，说明景观破碎化程度较高。

表3　1972年、2018年景观水平格局指标表

指标	1972年	2018年
总面积/km²	287.85	287.85
最大面积/km²	43.27	37.10
周长/km	2 025.46	4 988.26
斑块数/个	390	3 219
平均斑块面积/(km²/个)	0.74	0.09
最大斑块指数/%	15.03	12.89
类型所占面积百分比/%	100.00	100.00
斑块密度/(个/km²)	1.35	11.18
边界密度/(km/km²)	7.04	17.33
景观形状指数	33.68	82.94

3.2.2　景观格局变化特征

1）景观类型趋于丰富，矿区内地类破碎程度较高。优势地类变化为耕地、中覆盖度草地、灌木林地以及低覆盖度草地5种次要地类。总体景观类型由15类增至41类，景观类型趋于丰富。对比规整度和破碎度发现，农村道路分布形状均最复杂。破碎程度最高的地类基本以独立斑块的形式存在于矿区内。

2）矿区景观形状趋于复杂，景观结构破碎化程度升高。斑块数由390个增至3 219个，景观形状指数由33.68增至82.94，斑块密度由1.35增至11.18，矿区景观形状变得复杂，景观结构破碎化程度升高。

3.3　矿区土地压占恢复分析

3.3.1　土地压占[9]破坏统计

研究区煤矿工业广场、煤场、煤矸石山以及其他矿山等相关要素占用与破坏的土地总面积为15.53 km²，其中破坏地貌平地面积为2.42 km²，丘陵面积为5.45 km²，山地面积为6.12 km²，高山地面积为1.54 km²。

3.3.2　土地占用分析

按照矿山地质环境调查评价规范中的规定（表4），根据破坏土地的类型、面积将其划分为严重、较严重和较轻3级。研究区煤矿山活动共破坏耕地面积为646.53 hm²，林地面积为141.73 hm²，草地面积为253.47 hm²；其他矿山活动破坏耕地面积为45.28 hm²，林地面积为164.18 hm²，草地面积为129.23 hm²。所有矿山活动用地的耕地破坏率为5.37%，林地破坏率为6.97%，草地破坏率为4.08%，根据矿山土地压占与破坏影响程度分级表，研究区属于矿山活动土地与压占破坏严重地区。

表4　矿山土地压占与破坏影响程度分级表

等级	条件
严重	占用破坏基本农田；占用破坏耕地＞5 hm²；占用破坏林地或草地＞4 hm²；占用破坏荒地或未开发利用地＞20 hm²
较严重	占用破坏耕地≤2 hm²；占用破坏林地或草地2~4 hm²；占用破坏荒地或未开发利用地10~20 hm²
较轻	占用破坏林地或草地≤2 hm²；占用与破坏荒地或未开发利用土地≤10 hm²

3.3.3　土地恢复分析

对于矿山压占的土地资源恢复情况，本文对农业功能和城镇功能指向的土地资源进行评价。采矿相关用地农业耕作条件和城镇建设条件较高的区域占比分别为45.04%和44.95%，高区占比也达到24.28%，具体面积分布见表5。

表5　农业耕作和城镇建设条件分级面积/km²

指向	低	较低	中	较高	高
农业耕作条件	1.06	1.37	2.32	7.01	3.77
城镇建设条件	1.59	0.86	2.24	6.98	3.86

4　结　语

本文成果数据的发布已取得协同完成人员授权，

分析了跨度长达46年的地类变迁，两个时间节点采矿相关用地变化以及研究区压占恢复情况。

1）1972—2018年研究区地类以耕地为主的趋势发生了变化，主要流向了城乡居民与工业用地以及采矿用地，采矿用地占比和增速急速上升。

2）景观格局变化类型趋于丰富，但矿区内地类多以独立斑块形式存在，破碎程度较高。

3）研究区煤矿采用地下开采的方式，工业建筑占地面积较少。工业广场、采煤活动产生的固体废弃物以及与煤矿相关的产业（煤场）构成了侵占土地资源的主体，占用破坏了耕地、林地、草地等地类。采石场、铁矿等其他采矿类活动也对土地造成了大量破坏与占用。

4）研究区矿山及其相关用地压占土地资源较多，破坏了地形地貌和生态环境，影响程度严重。根据坡度、高程、土壤质地、高差等条件分析，研究区压占土地中近70%的土地农业耕作、城镇建设条件较高。通过相关措施治理恢复后能释放大量优质土地，作为后备土地资源，以缓解研究区用地紧张状态。

参考文献

[1] 陈中山,明正,刘宁,等. 基于遥感技术的峰峰矿区关闭煤矿地质环境问题调查与评价[J]. 中国煤炭,2020,46(11):112-117

[2] 张应裕,吕凤涛,麦建开,等. 基于土地利用/覆被变化的景观生态风险演化分析[J]. 地理空间信息,2021,19(9):44-49

[3] 孙敏,周春国,邹长新,等. 基于多时相遥感数据的老山景区地类信息提取及景观格局动态分析[J]. 生态与农村环境学报,2020,36(2):211-219

[4] 谭倩兰,李永树,谢嘉丽,等. 遥感影像融合算法在矿区土地利用动态监测中的应用[J]. 测绘与空间地理信息,2018,41(5):53-55

[5] 吴春花,杜培军,谭琨. 煤矿区土地覆盖与景观格局变化研究[J]. 煤炭学报,2012,37(6):1 026-1 033

[6] 桑潇,张成业,李军,等. 煤炭开采背景下的伊金霍洛旗土地利用变化强度分析[J]. 自然资源遥感,2021,33(3):148-155

[7] 石善球,柴燕妮. 基于地表覆盖数据的生态用地景观格局分析[J]. 地理空间信息,2021,19(2):5-8

[8] 李妍妍. 以指数法为基础的矿山地区景观格局研究[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(3):198-200

[9] 魏也纳. 矿山开采土地压占毁损变化监测及分析:以郑州地区为例[J]. 矿山测量,2010,38(3):75-78

（上接第66页）

装备进行细分等，在消防站救援能力建设等方面还需更多研究。

参考文献

[1] 周俊. 城市火灾消防规划支持方法研究[D]. 武汉:武汉大学,2011

[2] 李丁,刘科伟. 基于AHP与GIS的城市区域火灾风险评估研究:以克拉玛依市核心区为例[J]. 中国安全科学学报,2013,23(4):68-73

[3] 林俊雄,江心,朱建国,等. GIS模型在城市消防站布局规划的应用研究[J]. 城市规划,2018,42(5):63-68

[4] 张晓瑞,周国艳. GIS在城市规划中的应用[J]. 地理空间信息,2009,7(6):64-66

[5] 苟刚,刘长云,黄伶俐. 基于GIS的城市消防站可达性研究[C]//2010国际信息技术与应用论坛论文集,2010:151-153

[6] 李远斌. 基于离散定位模型的广州市天河区消防站布局优化研究[D]. 广州:华南理工大学,2016

[7] 陈楷佳. 基于粒子群算法的消防站选址优化研究[D]. 广州:华南理工大学,2018

[8] 郭静文,赵朋朋,倪佳成. 基于遗传算法的消防站选址规划模型[J]. 计算机应用,2020,40(增刊1):41-44

[9] 胡传平. 区域火灾风险评估与灭火救援力量布局优化研究[D]. 上海:同济大学,2006

[10] 冯维. 关于城中村的消防安全风险评估[J]. 今日消防,2021,6(6):87-88

[11] 王玉婷. 超高层建筑运营时期的消防系统管理[J]. 消防界(电子版),2021,7(10):106-107

[12] 连旦军,董希琳,吴立志. 城市区域火灾风险评估综述[J]. 消防科学与技术,2004,23(3):240-242

[13] 胡传平. 区域火灾风险评估与灭火救援力量布局优化研究[D]. 上海:同济大学,2006

[14] 李保杰,纪亚洲,周云霞. 基于GIS城市火灾风险评估[J]. 中国安全科学学报,2012,22(10):170 -176

[15] 祝开心,张凤焰,李余郁,等. 实时路况支持下的南京市消防救援覆盖率时空模式分析[J]. 地球信息科学学报,2021,23(12):2 201-2 214

[16] 莫晓漪. 现代城市消防规划的若干问题[J]. 广西民族大学学报(自然科学版),2007,13(增刊1):117- 121

[17] 刘瑶,叶惠婧,刘应明. 基于国土空间规划体系下城市消防规划编制重点[J]. 消防界(电子版),2021,7(2):30-33

[18] 深圳市消防发展“十四五”规划[Z].