

doi: 10. 6046/gtzyyg. 2015. 02. 26

引用格式: 李学渊,赵博,陈时磊,等. 基于遥感与 GIS 的矿山地质环境时空演变分析——以东胜矿区为例[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(2):167 – 173. (Li X Y,Zhao B,Chen S L,et al. Spatial – temporal evolution analysis of mining geological environment based on RS and GIS: A case study of the Dongsheng ore district[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2015, 27(2):167 – 173.)

基于遥感与 GIS 的矿山地质环境时空演变分析

——以东胜矿区为例

李学渊¹, 赵 博², 陈时磊¹, 赵颖旺¹, 边 凯¹

(1. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院,北京 100083;

2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京 100083)

摘要: 煤矿开采将不可避免地产生地质环境问题。以东胜矿区 2007 年 QuickBird 遥感影像和 2012 年 WorldView2 影像为数据源,通过提取矿山地质环境现状信息,计算矿山地质环境类型时空数据的变化幅度、变化速度及转移矩阵等,揭示不同矿山地质环境类型的时间变化过程;以采矿权为空间单元,通过计算各类矿山地质环境的年均增幅与综合动态度,描述其空间演变趋势。结果表明:随着东胜矿区开采规模持续扩大,不同矿山地质环境类型的面积逐年增加且增幅各异,由“污染”(采坑、排土场及积水区)向“治理”(恢复治理区和工业广场)转移的趋势显著;尽管矿区地质环境已得到足够重视,并呈现西北区域恢复治理优于东南区域的特点,但“治理”力度总体上慢于“污染”程度,仍不利于可持续发展。

关键词: 遥感; GIS; 空间分析; 矿山地质环境; 时空变化

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001 – 070X(2015)02 – 0167 – 07

0 引言

矿山地质环境反映了在准备、正在或已开发的矿山及其邻近区域为矿山开发所影响的地质环境、生态环境和地理环境等,其以矿业活动为主要影响因素,不断改变地球表面和岩石圈的自然平衡状态^[1]。随着社会经济活动和采矿规模的不断扩大,矿山生态环境遭到破坏,这制约着地区经济和社会的可持续发展。矿山地质环境监测涉及到矿山地质环境现状与变化信息提取,以及矿山地质环境综合评价、承载力研究及驱动力分析等。在这方面,“3S”技术起到不可替代的作用。其中遥感技术在矿山地质环境监测中的应用已经积累了大量研究成果,包括矿山开发的动态监测^[2–4]、矿区地质环境质量的定量分析评价和等级划分^[5–7]等。本研究着眼于矿山地质环境时空演变分析及定量评价研究,以高分辨率遥感影像为数据源,在矿山地质环境专题信息提取的基础上构建时空数据库,并进行 GIS 空间分析与数学模型计算,旨在进一步揭示矿山地质环境的时空演变动态信息和规律,为矿山环境保护、恢复治理和可持续发展提供信息和决策服务。

1 研究区概况与数据源

1.1 研究区概况

东胜矿区位于内蒙古鄂尔多斯高原东端,晋陕蒙交界地带;地处黄土丘陵地区,地势西高东低,植被稀疏,属干旱、半沙漠的高原大陆性气候区;煤田地质构造简单,煤层厚且埋藏浅、易于开采。本文研究矿区涉及准格尔旗西部,介于 N39°43′13.3″~39°35′48.13″,E110°10′04.00″~110°21′38.37″之间,面积约 220 km²。区内正在开采的煤矿有 20 个,以露天开采为主。与矿业活动有关的生态破坏现象以草场退化和耕地被占用为主,其次为水土流失和土地沙化等^[8]。

1.2 数据源

以 2007 年 5 月 QuickBird 遥感影像与 2012 年 7 月 WorldView2 影像为数据源,基于 ENVI 和 ERDAS 等平台,通过图像处理(正射纠正、大气校正、几何精纠正及图像融合等),获得 3(R)2(G)1(B)正射影像,空间参考系设置为高斯 – 克里格投影、1980 西安坐标,纠正精度控制在 0.5 个像元以内^[9]。将矿山用地类型(或称矿山地质环境类型)划分为:采

坑、排土场、恢复治理区、工业广场、积水区与废弃采坑等 6 类。

本研究的技术流程为：将遥感影像与采矿权矢量文件作叠置分析^[10]；分析影像波谱特征；根据地物解译标志，采用人机交互方式解译，提取矿山地质环境各类专题信息；结合野外查证，对判别有误的

类型重新归类；分别构建 2007 和 2012 年东胜矿山地质环境时空数据库，绘制现状分布图(图 1)；分析掌握矿业活动的占地、矿区地质灾害分布和矿山环境污染的时空变化情况，为矿区环境综合整治提供决策数据，同时也为矿山地质环境恢复治理工作提供监督手段。

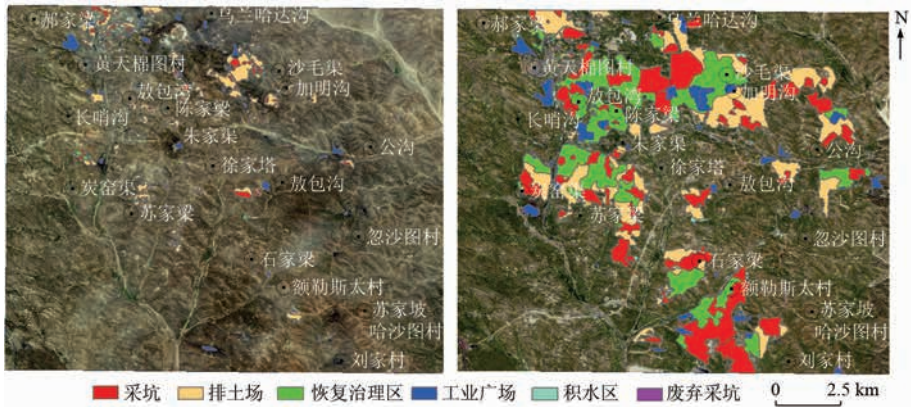


图 1 2007 年(左)和 2012 年(右)东胜矿区矿山地质环境现状分布图

Fig. 1 Mining geological environment status map of Dongsheng ore district in 2007(left) and 2012(right)

2 矿山地质环境的时间变化

2.1 面积变化

矿山地质环境类型的面积变化主要体现在各类面积的变化幅度和变化速度上。变化幅度是指监测时段内某种矿山地质环境类型面积的增减量；变化速度指以研究初期某矿山地质环境类型面积为基础，反映研究期内该类型面积增减的变化率，即该类型转入和转出面积绝对值 and 变化率。具体来说，变化速度既考虑了特定地质环境的类型变化，揭示其空间转移过程，又定量描述了面积的动态变化速率。其相应的计算公式^[11]为

$$K_1 = \frac{S_{ib} - S_{ia}}{T} \quad (1)$$

$$K_2 = \frac{\Delta S_{i1} + \Delta S_{i2}}{S_{ia}} \cdot \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中： K_1 和 K_2 分别为矿山地质环境类型年均变化幅度和年均变化速度； S_{ia} 为研究初期矿山地质环境

类型 i 的面积； S_{ib} 为研究末期矿山地质环境类型 i 的面积； ΔS_{i1} 和 ΔS_{i2} 分别为监测时段内矿山地质环境类型 i 面积增加的绝对值和减少的绝对值； T 为监测时段。计算得到 2007—2012 年矿山地质环境类型的面积变化情况，如图 2 和表 1 所示。

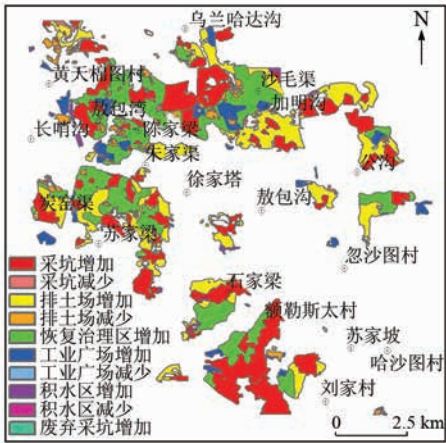


图 2 2007—2012 年东胜矿区矿山地质环境面积变化

Fig. 2 Areas change of mining geological environment of Dongsheng ore district from 2007 to 2012

表 1 2007—2012 年东胜矿区矿山地质环境类型面积变化

Tab. 1 Area change of mining geological environment in Dongsheng ore district from 2007 to 2012

变化指标	采坑	排土场	恢复治理区	工业广场	积水区	废弃采坑
2007 年/hm ²	97.72	492.89	9.41	90.01	5.35	0.99
2012 年/hm ²	1 662.90	1 365.78	1 419.81	396.61	51.52	5.95
净增量/hm ²	1 565.18	872.89	1 410.40	306.60	46.17	4.96
年均变化幅度 $K_1/(hm^2 \cdot a^{-1})$	313.04	174.58	282.08	61.32	9.23	0.99
年均变化速度 $K_2/(hm^2 \cdot a^{-1})$	3.45	0.61	29.99	0.78	1.96	0.99

从表 1 可以看出，不同的矿山地质环境类型的面积呈现出不同程度的年均增幅，其由大到小依次

为采坑、恢复治理区、排土场、工业广场、积水区及废弃采坑。其中 2007 年规模较小的极少数采坑于 2012 年停止开采或未及时恢复治理而废弃,导致采坑与废弃采坑平均年增幅相差近 33 倍。对可持续发展有利的恢复治理区和工业广场的 K_1 合计为 343.40,而采坑、排土场、积水区及废弃采坑等“污染”因素平均年增幅合计为 497.86,由此得出污染趋势仍大于治理趋势。从年均变化速度 K_2 来看,恢复治理区面积最大,废弃采坑最小, K_2 由大到小依次为恢复治理区、采坑、积水区、工业广场、排土场及废弃采坑,表明在采矿规模持续扩大($K_2 = 3.45$)的同时,积水区面积也不可避免地增大($K_2 = 1.96$),但生态环境的治理得到了重视($K_2 = 29.99$)。其中排土场由于初始面积基数较大, K_2 变化并不显著,但其对环境的影响仍不容忽视。

2.2 类型转化

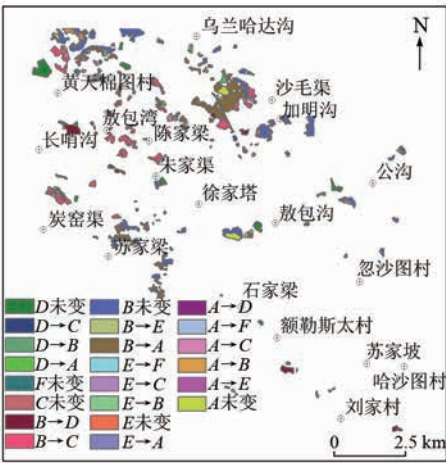
随着采矿污染和生态治理的同步发展,矿山地质环境类型随时间将发生变化。监测时段内矿山地质环境类型变化情况如图 3 所示。

转移矩阵 U_{ij} 可以反映矿山地质环境类型之间相互变化的情况,定义 3 种变化指标^[12-15]。

1)2007 年矿山地质环境类型 i 转变为 2012 年类型 j 的面积组成的转移矩阵 U_1 ,即

$$U_1 = U_{ij} \quad (3)$$

2)2007 年矿山地质环境类型 i 转变为 2012 年



A: 采坑; B: 排土场; C: 恢复治理区;
D: 工业广场; E: 积水区; F: 废弃采坑

图 3 2007—2012 年东胜矿区矿山地质环境类型变化
Fig.3 Type change of mining geological environment of Dongsheng ore district from 2007 to 2012

矿山地质环境类型 j 的面积百分比组成的转移矩阵 U_2 ,即

$$U_2 = (U_{ij} / \sum_{j=1}^n U_{ij}) \times 100\% \quad (4)$$

3)2012 年矿山地质环境类型 j 由 2007 年矿山地质环境类型 i 转移的面积百分比组成的转移矩阵 U_3 ,即

$$U_3 = (U_{ij} / \sum_{i=1}^n U_{ij}) \times 100\% \quad (5)$$

计算结果如表 2 所示。

表 2 2007—2012 年东胜矿区矿山地质环境类型转移矩阵

Tab.2 Transfer matrix of mining geological environment classification in Dongsheng ore district from 2007 to 2012									
矿山地质环境类型	变化指标	2012 年						2007 年合计	
		排土场	恢复治理区	工业广场	废弃采坑	采坑	积水区		
2007 年排土场	U_1/hm^2	176.36	132.65	36.37	0	139.03	0.60	308.65	485.01
	$U_2/\%$	36.36	27.35	7.50	0	28.67	0.12	63.64	
	$U_3/\%$	83.59	79.71	33.32	0	72.38	20.27		
2007 年恢复治理区	U_1/hm^2	0	9.41	0	0	0	0	0	9.41
	$U_2/\%$	0	100.00	0	0	0	0	0	
	$U_3/\%$	0	5.65	0	0	0	0		
2007 年工业广场	U_1/hm^2	3.70	2.88	69.52	0	13.09	0	19.66	89.19
	$U_2/\%$	4.15	3.23	77.95	0	14.67	0	22.04	
	$U_3/\%$	1.75	1.73	63.69	0	6.81	0		
2007 年废弃采坑	U_1/hm^2	0	0	0	0.99	0	0	0	0.99
	$U_2/\%$	0	0	0	100.00	0	0	0	
	$U_3/\%$	0	0	0	16.64	0	0		
2007 年采坑	U_1/hm^2	29.96	21.34	3.26	4.96	37.96	0.13	59.65	97.61
	$U_2/\%$	30.69	21.86	3.34	5.08	38.89	0.14	61.11	
	$U_3/\%$	14.20	12.83	2.99	83.36	19.76	4.39		
2007 年积水区	U_1/hm^2	0.97	0.13	0	0	2.015	2.23	3.12	5.35
	$U_2/\%$	18.15	2.43	0	0	37.70	41.72	58.37	
	$U_3/\%$	0.46	0.08	0	0	1.05	75.34		
2007 年转入量	U_1/hm^2	34.63	156.99	39.63	4.96	154.14	0.73		
	$U_3/\%$	16.41	94.34	36.31	83.36	80.24	24.66		
2012 年合计		210.99	166.41	109.15	5.95	192.10	2.96		

从表 2 可以看出,监测时段内东胜矿区矿山地质环境类型转出面积排序为排土场>采坑>工业广场>积水区>恢复治理区=废弃采坑,转出百分比的排序为排土场>采坑>积水区>工业广场>恢复治理区=废弃采坑;转入量的排序为恢复治理区>采坑>工业广场>排土场>废弃采坑>积水区,转入百分比的排序为恢复治理区>废弃采坑>采坑>工业广场>积水区>排土场。其中废弃采坑的转入类型只有采坑,由于其面积基数较小,导致其转入百分比大,为 83.36%;而排土场的面积基数较大,导致其转入百分比小,为 16.41%。总体反映出矿山地质环境类型变化主导趋势为采坑转变为排土场或恢复治理区,排土场转变为采坑或恢复治理区,采坑的转入量是转出量的 2.6 倍,而排土场转出量是转入量的 8.9 倍,采坑转变为排土场的面积是恢复治理区的 1.5 倍,排土场转变为采坑的面积与恢复治理区的基本持平,实际上 2007 年计划开采的矿山到 2012 年已经“转移”为开采区或生态治理区。因此,本区污染与治理是同步发展的,如以恢复治理区和工业广场为代表的总治理区转入量为 196.62 hm²,同时采坑、排土场、积水区及废弃采坑等总污染区转入量为 194.46 hm²;如果将其总治理与总污染的变化面积考虑在内,治理力度略慢于矿业污染,那么从可持续发展角度出发,则有必要成倍加大治理力度。

3 矿山地质环境的空间变化

3.1 面积变化的空间分布差异

本文研究区内共有煤矿 20 个,以露天开采为主,图 4 以采矿权为空间单元,反映出单个矿山各环境要素年均变化的增幅分布。

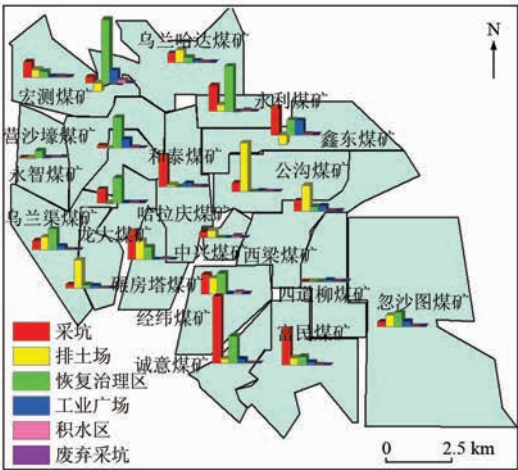


图 4 2007—2012 年各矿山不同地质环境年均增幅
Fig. 4 Different geological environment with average annual increase of each mine from 2007 to 2012

从图 4 可以看出,东胜矿区不同矿山地质环境类型的面积大致呈现逐年增加的趋势,其中采坑增幅为诚意煤矿 60.91 hm²/a、富民煤矿 32.42 hm²/a 及泰煤矿 28.01 hm²/a;排土场增幅为公沟煤矿 44.24 hm²/a、龙太煤矿 25.58 hm²/a 及西梁煤矿 23.37 hm²/a;生态治理方面的增幅为营沙壕煤矿 57.67 hm²/a、永利煤矿 41.37 hm²/a、电力满都拉煤矿 28.04 hm²/a、诚意煤矿 24.86 hm²/a、哈拉庆煤矿 22.79 hm²/a、西梁煤矿 4.04 hm²/a、龙太煤矿 3.13 hm²/a 及中兴煤矿 0;各矿山新建工业广场较之采坑相对有限、较积水区有所增长,年均增幅超过 5 hm²/a 的矿山为鑫东煤矿 13.32 hm²/a、营沙壕煤矿 11.36 hm²/a 及电力满都拉煤矿 7.85 hm²/a;积水区增幅较大的是营沙壕、中兴、永利及经纬等矿山,但最大增幅不超过 3 hm²/a;废弃采坑除乌兰渠和永智矿山小幅增长外,其余无变化。其中,四道柳煤矿为地下开采,仅工业广场用地面积逐年增加;永智煤矿因由露天开采转为地下,一部分采坑已废弃,另一部分采坑正在进行生态治理。按照

$$\Delta = (A + B + E + F) - (C + D) \tag{6}$$

来计算东胜矿区单个矿山的地质环境综合变化 Δ。式中: A 为采坑面积; B 为排土场面积; C 为恢复治理区面积; D 为工业广场面积; E 为积水区面积; F 为废弃采坑面积。其结果如表 3 所示。

表 3 2007—2012 年各矿山地质环境综合变化
Tab.3 Geological environment comprehensive changes of each mine from 2007 to 2012 (hm²)

矿山名称	综合变化	矿山名称	综合变化
宏测煤矿	16.31	诚意煤矿	36.43
鑫东煤矿	-9.71	富民煤矿	28.47
和泰煤矿	26.17	永利煤矿	-10.11
公沟煤矿	51.41	永智煤矿	-7.23
乌兰哈达煤矿	14.09	乌兰渠煤矿	-2.63
营沙壕煤矿	-68.93	忽沙图煤矿	-2.86
满都拉煤矿	-32.99	西梁煤矿	24.41
中兴煤矿	12.73	四道柳煤矿	-1.50
碾房塔煤矿	31.50	经纬煤矿	14.24
哈拉庆煤矿	-10.85	龙太煤矿	23.51

如果进一步考虑 2007 年各矿山不同环境类型面积变化的基数,根据图 4 可知,研究区西北区域恢复治理区较其他区域的地质环境类型年均增幅显著,而东南区域采坑和排土场年均增幅显著,可见本矿区在地质环境普遍受破坏的同时,西北区域的生态环境恢复治理结果明显优于东南区域。

3.2 类型变化的空间分布差异

单个矿山存在开采方式和规模等差异,致使矿山地质环境类型转化也存在一定的空间差异。采矿

权为空间单元,结合研究初期(2007 年)不同矿山的地质环境面积总和,根据^[16]

$$V_k = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta P_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n \Delta P_i} \cdot \frac{1}{T} \times 100\% \quad , \quad (7)$$

计算出 20 个矿山的地质环境综合动态度。式中:
 C_k 为第 k 个采矿权的矿山地质环境类型变化综合动态度;
 ΔP_{i-j} 为研究时段 ($T=5$) 内矿山地质环境类型 i 转移为类型 j 的面积;
 $\sum \Delta P_{i-j}$ 为矿山地质环境类型 i 转移为非 i 类的总面积;
 $\sum P_i$ 为研究初期各矿山地质环境类型的总面积。计算结果见图 5。

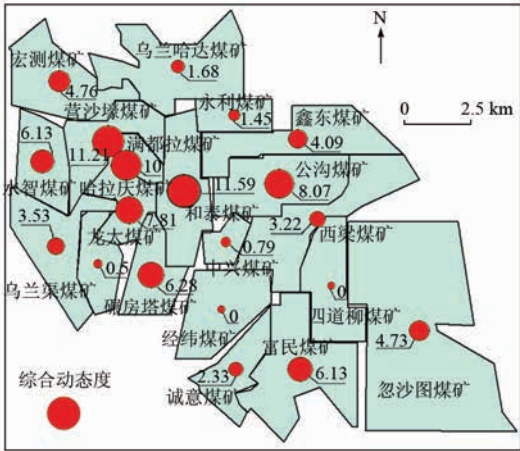


图 5 2007—2012 年东胜矿区矿山地质环境综合动态度
Fig.5 Integrated dynamic degree of mining geological environment in Dongsheng ore district from 2007 to 2012

从图 5 可以看出,除四道柳与经纬煤矿,其他各煤矿均呈增加趋势,即地质环境呈现出明显变化。其中,与泰煤矿和龙太煤矿的年均动态变化率相差近 23 倍,这与单个矿山各类地质环境年均增幅相吻合。研究区综合动态度在西北区域较大,东南区域较小;在西北区域,明显存在由采坑、排土场、积水区和废弃采坑向恢复治理区和工业广场类型转移,即由污染向治理过渡。东南区域则反之,矿业经济似以环境污染为代价而发展。

3.3 空间变化规律

通过研究区内各矿权的几何中心坐标与矿权内某类矿山地质环境的面积加权计算,得到不同矿山地质环境分布的地理坐标,其计算公式^[17]为

$$X_t = \sum_{i=1}^n (Q_{ii} X_i) / \sum_{i=1}^n Q_{ii} \quad , \quad (8)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^n (Q_{ii} Y_i) / \sum_{i=1}^n Q_{ii} \quad , \quad (9)$$

式中: X_t 和 Y_t 分别表示第 t 年某种矿山地质环境类

型分布重心的经纬度坐标; Q_{ii} 表示第 i 个采矿权内第 t 年该地质环境类型的面积; X_i 和 Y_i 分别表示第 i 个矿权的几何重心经纬度坐标。计算结果如表 4 所示。

表 4 2007—2012 年东胜矿区各矿山地质环境类型分布的重心坐标

Tab.4 Center of gravity coordinate of geological environment distribution in Dongsheng ore district from 2007 to 2012

矿山地质环境类型	X_{2007}	Y_{2007}	X_{2012}	Y_{2012}
采坑	110°15'14"	39°41'22"	110°16'09"	39°39'27"
排土场	110°15'11"	39°41'19"	110°15'57"	39°40'12"
恢复治理区	110°11'46"	39°41'02"	110°15'14"	39°40'12"
工业广场	110°14'56"	39°41'09"	110°15'59"	39°40'25"
积水区	110°13'28"	39°40'55"	110°15'00"	39°40'30"
废弃采坑	110°12'11"	39°42'39"	110°12'00"	39°41'58"

基于 ArcGIS 平均最邻近距离模型,按重心坐标分别计算 2007 年和 2012 年各类矿山地质环境要素与之最邻近要素之间距离的平均值,比较其与假定随机分布距离的相似程度,求得标准化值(standard score, Z_{Score}),如果 Z_{Score} 为负且越小,则表示要素分布越趋向于集中;相反为离散。计算结果 $Z_{Score2007} = -2.91$ 和 $Z_{Score2012} = -3.39$,表明矿区不同地质环境类型 2007 年空间分布较 2012 年相对离散。根据统计学原理,离散代表无序,集中代表有序。这暗示了研究初期的无序开采与末期的生产兼治理形成了鲜明对比。在 2007—2012 年采坑、排土场、恢复治理区、工业广场与积水区的重心坐标由西北向东南方向转移,揭示出矿山的开采活动兼治理在空间上呈现出由西北向东南的发展趋势。

4 结论

1) 本文构建了东胜矿区 2007 年和 2012 年矿山地质环境时空数据库,并计算了监测时段内其面积变化(变化幅度和变化速度)和类型转化(转移矩阵)。结果显示,各种矿山地质环境类型面积逐年增加并发生类型转化,具有不同程度的年均增幅、变化速率和相关性(转移量),以采坑、排土场和恢复治理区变化过程最为显著。根据野外调研,将采坑、排土场、积水区和废弃采坑视为“污染”因素,将恢复治理区和工业广场视为“治理”因素。整体上,因相关政策条令约束,矿山开采与治理同步进行,但由于经济刺激,“污染”仍大于“治理”,矿区生态环境的重建应得到相关部门的重视。

2) 以采矿权为空间单元,计算出东胜矿区 2007—2012 年单个矿山不同地质环境类型的面积变化(变化幅度)与类型转移(综合动态度),结果表

明不同矿山呈现出不同程度的年均增幅与类型转化。总体而言,东胜矿区西北区域的“治理”力度显著,破坏环境的采坑、排土场和积水区等类型转化为恢复治理区与工业广场等类型的趋势明显;东南区域的“污染”趋势明显,需加强矿区生态环境恢复力度。本文还结合矿山地质环境类型的空间变化规律,进一步验证了上述趋势。

参考文献 (References):

- [1] 陈伟涛,张 志,王焰新,等. 矿山地质环境遥感监测方法初探[J]. 地质通报,2010,29(2/3):457-462.
Chen W T, Zhang Z, Wang Y X, et al. Preliminary study on methods of geo-environment monitoring in minesites using remote sensing technique[J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(2/3):457-462.
- [2] 高永志. 双鸭山矿山地质环境遥感监测研究[D]. 长春:吉林大学,2012.
Gao Y Z. The Remote Sensing Monitoring Research of Mine Geological Environment of Shuangyashan[D]. Changchun: Jilin University, 2012.
- [3] 谭德军. 基于多源遥感信息的万盛矿区环境变化研究[D]. 成都:成都理工大学,2013.
Tan D J. Study on Environmental Change in Wansheng Mining Area Using Multi-source Remote Sensing Data[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2013.
- [4] 姜艳辉. 矿山环境遥感自动监测方法与应用研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2012.
Jiang Y H. The Research on Method and Application of Automatic Monitoring of Mine's Environment with Remote Sensing[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2012.
- [5] 都平平. 生态脆弱区煤炭开采地质环境效应与评价技术研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2012.
Du P P. Research on Geologic Environment Effects Induced by Coal Mining in Ecological Weakness Area and Assessment Techniques[D]. Xuzhou: China University of Mining Technology, 2012.
- [6] Wu X W, Bao G D, Jia W W, et al. Remote sensing based analysis of the mine geological environment evaluation[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 121-126:2839-2844.
- [7] 关英斌,许道军,郭婵妤. 邯郸矿区矿山地质环境承载力评价[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2012,31(4):474-478.
Guan Y B, Xu D J, Guo C Y. Evaluation on the carrying capacity of coal mining geo-environment in Handan mining area[J]. Journal of Liaoning Technical University: Natural Science, 2012, 31(4):474-478.
- [8] 莫若平,武 文,张志敏. 东胜煤田煤质特征及其综合利用方向[J]. 内蒙古煤炭经济,2002(2):16-18.
Mo R P, Wu W, Zhang Z M. Dongsheng coalfield comprehensive utilization of coal quality characteristic and direction[J]. Inner Mongolia Coal Economy, 2002(2):16-18.
- [9] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003.
Zhao Y S. Analysis Principle and Method of Remote Sensing Applications[M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [10] 李学渊,李成尊,赵 博. 基于 ArcGIS Engine 的数据文件到 Shapefile 转换方法及其实现[J]. 国土资源遥感,2011,23(3):156-160. doi:10.6046/gtzyyg. 2011.03.28.
Li X Y, Li C Z, Zhao B. The method for transformation from the data file based on ArcGIS Engine to the Shapefile[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2011, 23(3):156-160. doi:10.6046/gtzyyg. 2011.03.28.
- [11] 鲍文东. 基于 GIS 的土地利用动态变化研究[D]. 济南:山东科技大学,2007.
Bao W D. Study on Land Use Dynamic Change Based on GIS[D]. Ji'nan: Shandong University of Science and Technology, 2007.
- [12] 叶庆华,刘高焕,陆 洲,等. 基于 GIS 的时空复合体-土地利用变化图谱模型研究方法[J]. 地理科学进展,2002,21(4):349-357.
Ye Q H, Liu G H, Lu Z, et al. Research of TUPU on land use/land cover change based on GIS[J]. Progress in Geography, 2002, 21(4):349-357.
- [13] 周培德. 计算几何——算法设计与分析[M]. 2 版. 北京:清华大学出版社,2005.
Zhou P D. Computational Geometry: Algorithm Design and Analysis [M]. 2nd ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [14] 程 炯,李新通,陈加兵. 基于 GIS 的漳州市土地适宜性评价[J]. 福建师范大学学报:自然科学版,2001,17(2):98-101.
Cheng J, Li X T, Chen J B. Evaluation of land suitability based on GIS in Zhangzhou City[J]. Journal of Fujian Teachers University: Natural Science, 2001, 17(2):98-101.
- [15] 田光进,张增祥,周全斌,等. 基于遥感与 GIS 的北京市土地利用动态演化模式研究[J]. 遥感信息,2003(1):7-10,54.
Tian G J, Zhang Z X, Zhou Q B, et al. Research on dynamic land-use pattern of Beijing by remote sensing and GIS[J]. Remote Sensing Information, 2003(1):7-10,54.
- [16] 仙 巍,邵怀勇,周万村. 嘉陵江中下游地区近 30 年土地利用与覆被变化过程研究[J]. 地理科学进展,2005,24(2):114-121.
Xian W, Shao H Y, Zhou W C. Process of land use/land cover change in the area of middle and lower reach of Jialingjiang River [J]. Progress in Geography, 2005, 24(2):114-121.
- [17] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展,1999,18(1):81-87.
Wang X L, Bao Y H. Study on the methods of land use dynamic change research[J]. Progress in Geography, 1999, 18(1):81-87.

Spatial – temporal evolution analysis of mining geological environment based on RS and GIS: A case study of the Dongsheng ore district

LI Xueyuan¹, ZHAO Bo², CHEN Shilei¹, ZHAO Yingwang¹, BIAN Kai¹
(1. College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology(Beijing), Beijing 100083, China;
2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: During the coal mining, various geological environmental problems may be inevitable. In this study, the QuickBird images in 2007 and the WorldView2 images in 2012 from the Dongsheng ore district of Inner Mongolia were selected respectively as original and end data sources so as to extract the present environment information. After that, the areal increase and rate of different mine geological environment, the transfer matrix of environmental types, and the spatial – temporal change of environmental types were calculated or revealed. In addition, with the mining right as the spatial unit, the environmental areas were calculated by virtue of average annual increase and comprehensive dynamic degree, both of which can describe the spatial evolution trend. The results show that different environment are enlarged in different degrees year by year with the expansion of the exploitation range, while the transfer trend from “pollution” (mining pit, dump and water accumulated area) to “management” (restoration region and industrial square) is similarly significant. Although the mine ecological recovery, which appears to be better in northwest area than in southeast area, has been given more attention, the environmental recovery pace remains in general slower than the speed of the environmental pollution, which adversely affects the sustainable development.

Keywords: remote sensing(RS); GIS; spatial analysis; mining geological environment; spatial – temporal change

第一作者简介: 李学渊(1984 –),男,博士研究生,主要从事矿山地质环境与灾害方面的研究。Email: lixueyuan_cumtb@163.com。

(责任编辑: 邢 宇)