

引用格式: 薛庆, 吴蔚, 李名松, 等. 遥感技术在辽宁省矿山环境监测中的应用[J]. 中国地质调查, 2016, 3(5): 54-59.

遥感技术在辽宁省矿山环境监测中的应用

薛庆^{1,2}, 吴蔚¹, 李名松¹, 董双发¹, 汪冰¹, 樊芸湘¹

(1. 核工业航测遥感中心, 石家庄 050002; 2. 东华理工大学地球科学学院, 南昌 330013)

摘要: 辽宁省矿产资源丰富, 开发程度较高, 但部分矿区开发秩序混乱, 矿山生态环境破坏严重。通过 2011—2014 年 4 a 的矿产资源开发环境遥感监测, 基本查明了全省矿产资源开发状况, 矿山开发占地、矿区地质灾害、矿山环境污染和矿山环境恢复治理等矿山地质环境问题, 以及全省矿产资源开发规划执行情况; 总结分析了辽宁省矿山开发易出现违法开采的区域、矿种和开采方式; 开展了矿山地质环境评价, 圈定出矿山开采对矿山地质环境影响严重区、较严重区、一般区和无影响区。监测工作为辽宁省矿产资源有序、高效开发和环境保护提供了基础资料和科学依据, 并指出了目前存在的问题和努力的方向, 为辽宁省矿山环境遥感监测的下一步工作提出了建议。

关键词: 矿山环境; 矿山开发; 遥感监测; 辽宁省

中图分类号: TP79 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2016)05-0054-06

0 引言

辽宁省是我国矿产资源大省, 也是矿产开发利用程度较高的省份。长期大规模矿产开发, 为国家和地方经济建设做出了巨大贡献, 但矿山生态环境破坏也十分严重, 部分矿区开发秩序混乱, 无证开采、越界开采等违法行为时有发生。近几年来, 遥感技术在矿山开发环境调查与监测中日益发挥出快速、及时、客观、动态、高效的重要作用^[1-8]。

中国地质调查局于 2006—2010 年间已在辽宁省部署开展了矿山遥感调查与监测工作。2011 年在重点矿区实现了大量矿产资源开发环境遥感调查, 2012—2014 年间调查工作逐渐由重点矿区扩展到全省范围。在充分搜集、整理和分析前人成果^[9-11]的基础上, 利用卫星遥感技术形成了覆盖全省的矿产开发环境遥感监测成果。这些成果被广泛应用于矿产卫片执法检查监督、矿山环境管护和禁止开采区整顿等政府工作中。本文以 2011—2014 年“辽宁省矿产资源开发环境遥感监测”项目为依托, 对辽宁省利用遥感技术开展矿山环境监测的工作进展及主要成果进行了总结, 并对存在的问题及未来的研究方向进行了探讨。

1 遥感调查与监测方法

1.1 数据与资料

1.1.1 遥感数据

以井硐开采为主的矿区获取 WorldView-2、IKONOS、GeoEye、QuickBird 和 Pleiades 等具有空间分辨率优于 1 m 波段的遥感数据, 累计面积达 132.30 万 hm^2 ; 以露天开采为主的矿区获取 GF-1、ZY1-02C、ZY3 及 SPOT5 等具有空间分辨率优于 2.5 m 波段的遥感数据, 累计面积达 980.60 万 hm^2 。数据在使用前分别进行了辐射校正、几何纠正、数据融合、彩色合成、图像增强和图像镶嵌等预处理。

1.1.2 矿产资源开发规划资料

基于《辽宁省矿产资源总体规划(2008—2015 年)》和 2011—2014 年历年的矿产资源勘查开采申请登记表(数据库), 通过坐标转换生成矢量成果。归纳整理了矿产资源分布、开发及矿山环境等相关图件、文字资料和数据表格等, 为图斑合法性的界定、规划执行情况评价提供了依据和资料基础。

1.1.3 其他资料

收集了辽宁省自然地理、地质环境、社会经济

收稿日期: 2016-04-12; 修订日期: 2016-05-24。

基金项目: 中国地质调查局“辽宁省矿产资源开发环境遥感监测(编号: 12120115061001)”项目资助。

第一作者简介: 薛庆(1985—), 男, 工程师, 主要从事矿山遥感监测、矿产资源遥感调查等工作。Email: xueq604@163.com。

等资料和1:5万、1:25万地形数据(DEM)。

1.2 技术方法

矿山遥感监测^[12]是在充分收集分析区域成矿地质背景、矿产资源分布特征及其开发利用状况、矿山地质环境和矿产资源开发规划情况等资料的基础上,以遥感技术为调查手段进行矿山环境监测。基于遥感数据与其他多源数据相结合、计算机自动信息提取与人机交互解译相结合、室内综合研究与实地调查相结合的技术方案,合理处理与增强遥感数据,采用遥感信息多层次筛选技术、信息综合分析等方法,提取矿山开发环境多目标信息;利用综合分析和野外实地检查验证,进一步提高信息提取精度;通过质量控制和中间成果的检查,实现项目成果表现形式的规范化、标准化。

2 主要进展和成果

本研究基本查明了辽宁省矿产资源开发状况及其引发的矿山地质环境问题,总结了变化趋势和规律,取得了丰富、客观、全面的矿山环境监测成果^[13],主要涵盖矿产资源开发状况遥感监测、矿山地质环境遥感监测和矿产资源规划执行情况遥感监测等3个方面。

2.1 矿产资源开发状况遥感监测

通过研究辽宁省矿山开发现状及发展趋势,从遥感图像中共提取出疑似违法开采点1 151个。开展了全省开采点数量、矿证发放、开采矿种、开采方式及违法开采矿山的遥感调查,圈定了全省矿业活动开采图斑、矿产疑似违法图斑和矿产资源违法开采集中区,查明了全省的矿业活动强度及变化情况,分析了矿山开发的发展趋势以及开发状况与矿产价格的关系。

对2011年度重点矿区和2012—2014年各年度全省范围分别提取矿山开采点8 966个、17 431个、17 347个和17 609个;疑似违法开采图斑分别为97个、384个、354个和316个;调查区每1万hm²面积中矿产疑似违法开采图斑分别为0.40个、0.26个、0.24个和0.21个。通过计算单位面积内违法图斑数量可以发现,全省矿产资源开发状况总体趋势好转,违法开采得到有效遏制。辽宁省矿山违法开采易发生地区分布如图1所示。

从图1中可以看出,违法开采情况主要集中发

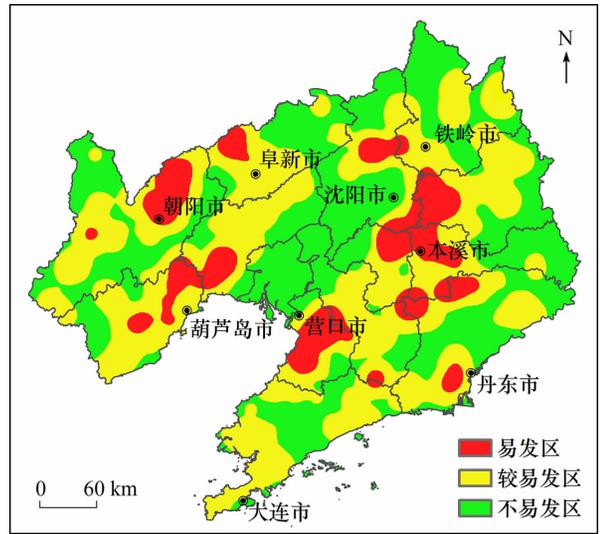


图1 辽宁省矿山违法开采易发生地区分布

Fig.1 Occurrence of illegal mining in Liaoning Province

生在抚顺市西部、沈阳市东部、辽阳市东北部、丹东市西北部及东南部、营口市中部、锦州市南部—葫芦岛市中部、朝阳市东北部和阜新市西北部等地区。全省矿产资源违法开采点以无证开采最多,越界开采和以采代探较少,开采方式以露天开采为主。

2014年度316个疑似违法开采点分布于13个地级市61个县(区);发证矿山疑似违法开采点30个,其中省级发证矿山违法数量(20个)最多,其次为县级(8个)和市级(2个),部级发证矿山未发现违法开采情况;主要违法开采矿种为砖瓦用粘土、铁矿、建筑石料用灰岩、花岗岩、建筑用花岗石和煤矿等。煤矿和铁矿开采点数量与矿石价格关系如图2所示。

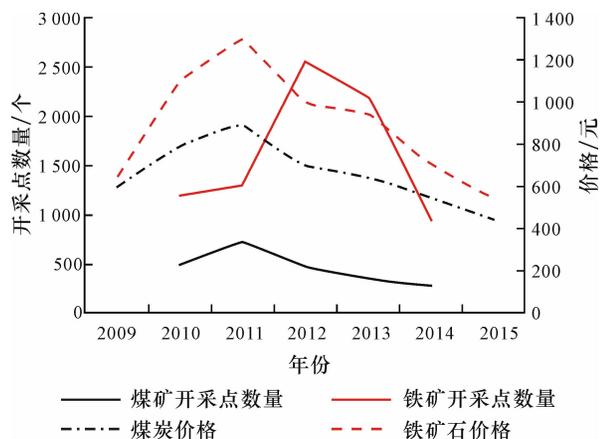


图2 煤矿和铁矿开采点数量与矿石价格关系

Fig.2 Relationship between number of coal and iron ore mines and ore price

从图2可以发现,煤矿、铁矿开采点数量随着矿石价格的持续走高而逐渐增多,反之随矿石价格降低而不断减少;煤矿开采点数量变化与煤炭价格变化几乎完全同步,而铁矿开采点数量变化较价格变化存在一定滞后。

2.2 矿山地质环境遥感监测

通过遥感调查有效监测了2011—2014年间调查区矿山地质环境现状及其变化,并圈定了4级不同程度的矿山地质环境影响区。

2.2.1 矿产资源开发占地

采用卫星遥感技术分析了矿山占地与矿种、开采方式和矿山开发状况之间的关系,以及矿山占地面积变化趋势。

全省现有矿山开发占地面积11.59万hm²,约占辽宁省总面积(1481.60万hm²)的0.78%。其中,采场占地4.71万hm²,面积最大;固体废弃物占地2.57万hm²;中转场地占地2.24万hm²;地下开采沉陷区占地1.97万hm²;矿山建筑占地0.10万hm²,面积最小。

矿山占地按所属9大类矿山统计,除稀有稀土外,其他类型均有涉及,其中黑色金属矿山占地最多,其次为建材及其他非金属矿山,具体统计结果如图3所示。

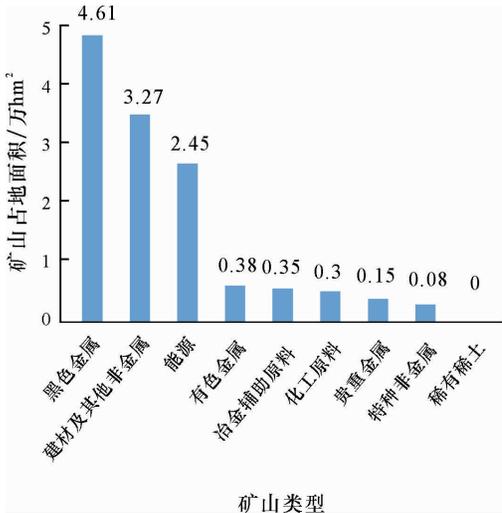


图3 不同类型矿山占地面积统计

Fig.3 Area statistics of different types of mines

统计结果表明,铁矿、煤矿是最主要的占地矿种;占地开采方式以露天开采为主,但地下开采造成的开采沉陷区危害性最大。

进一步分析重点区连续监测范围内的矿山占地

情况,2011—2014年间,在北票市、建平县、抚顺市西部、本溪市西部和辽阳市东部等共105.5万hm²的区域内,各年度矿山占地面积分别为2.91万hm²、3.19万hm²、3.60万hm²和3.70万hm²;矿山占地面积分别逐年增加0.28万hm²、0.41万hm²和0.10万hm²,增长率分别为9.6%、12.9%和2.8%。虽然矿山占地面积仍在持续增加,但其增长幅度随着正在开采的矿点数量持续减少而变小。

目前,辽宁省各市矿山开发占地面积位于前5位的城市为朝阳市、本溪市、辽阳市、鞍山市和丹东市。各市矿山开发占地面积占各市面积比例前5位的城市为辽阳市、本溪市、朝阳市、营口市和鞍山市。整体上矿山开发占地主要分布在辽宁省中东部,其次在西北部,而中部平原地区矿山占地最少。

2.2.2 矿区地质灾害

利用遥感技术查明了辽宁省矿山地质灾害现状,总结了矿山地质灾害的类型、规模、分布特征及其危害程度,分析了地质灾害与矿产类型、开采方式之间的关系。

全省共调查出矿山地质灾害145处,包括采矿塌陷59处、泥石流56处、滑坡15处和崩塌15处。其中,特大型13处,占8.97%;大型54处,占37.24%;中型34处,占23.45%;小型44处,占30.34%。

采矿塌陷主要分布于阜新市、铁岭市、葫芦岛市、辽阳市和本溪市的煤矿、金矿和钼矿等井硐开采矿山较集中的区域,且以煤矿开采引起的数量最多,范围最广,灾害程度最严重;泥石流主要分布于本溪市、丹东市、阜新市和葫芦岛市,以铁矿、菱镁矿和采石场等矿山不合理堆放排土场、废石堆引发为主,危害对象主要为其下游部位,往往造成河流堵塞、村庄毁灭性破坏等;滑坡主要分布于鞍山市、抚顺市、辽阳市和阜新市,以铁矿、煤矿和菱镁矿等矿山大规模开采,造成山体边坡或矿坑边坡不稳引发为主,危害对象主要位于其下游的矿山设施及村庄;崩塌主要分布于朝阳市、大连市、营口市和葫芦岛市,以硬质岩区铁矿和采石场露天开挖山体坡脚,造成山体边坡较陡,岩块受力不平衡引发为主,危害对象主要为下方的矿山设施及人员。

2.2.3 矿山环境污染

通过分析辽宁省矿山环境污染的现状及其与矿产类型之间的关系,表明辽宁省粉尘污染分布最广泛,分别在鞍山市、本溪市、辽阳市和朝阳市铁矿

开采区,阜新市、沈阳市煤矿开采区和采石场、菱镁矿等非金属开采区均有存在,尤其在海城市与大石桥市菱镁矿区最为严重。水污染主要分布于铁矿、金矿等矿山及选矿场周边区域,如鞍山市、本溪市和辽阳市铁矿开采区。上述污染主要受开采矿种、开采方式、固体废弃物及矿产的洗、选、冶工艺影响。

2.2.4 矿山地质环境恢复治理

全省正在利用的矿山总面积为5.52万 hm^2 ,废弃矿山总面积为4.10万 hm^2 ,地下开采沉陷区面积为1.97万 hm^2 。其中,已恢复治理矿山总面积为0.68万 hm^2 ,仅占全省矿山用地的5.87%,为废弃矿山面积的六分之一。

46个重点治理区占地面积80.50万 hm^2 ,占全省面积的5.44%;截止2014年已恢复治理矿山面积0.59万 hm^2 ,占全省恢复治理面积的86.76%,恢复治理率11.23%,远远高于全省平均水平。在重点治理区内,矿山地质环境恢复治理工程主要集中在大型矿山,植被恢复前往往会进行削坡、覆土,种植植被以灌木、乔木为主,并有排洪、给水设施,后期管护较好,植被郁闭度较高。在重点治理区外,矿山地质环境恢复治理工程主要集中在小型矿山,种植植被以草、灌木为主,无各种治理和维护设施。环境恢复治理情况统计结果表明,整体上大型矿山好于小型矿山,重点治理区内好于区外。

2.2.5 “矿山复绿”行动工程

利用2013年度土地变更调查数据及2014年度重点区高分辨率遥感数据,对全省“矿山复绿”行动工程进行了监测。全省复绿工程开工率较低,但已完成治理的面积较大。在1796个复绿工程中已有69个开始治理,占规划总数的3.84%;已治理面积1977.84 hm^2 ,占规划治理总面积的25.77%。

其中,朝阳市、鞍山市和抚顺市治理矿山个数最多,分别为17个、10个和10个;朝阳市、抚顺市和葫芦岛市已开始治理个数占本市规划治理总数比例最高,分别为11.56%,11.49%和10.94%;鞍山市、本溪市和阜新市已治理面积最大,分别为1298.15 hm^2 ,206.16 hm^2 和160.05 hm^2 ;鞍山市、本溪市和辽阳市已治理面积占本市规划治理总面积比例最高,分别为164.16%,33.80%和19.27%。

2.2.6 矿山地质环境评价

通过遥感调查,共圈定矿山开采对矿山地质

环境影响严重区(45.20万 hm^2)、较严重区(207.00万 hm^2)、一般区(870.00万 hm^2)和无影响区(359.40万 hm^2),分别占全省总面积的3%,14%,59%和24%(图4)。

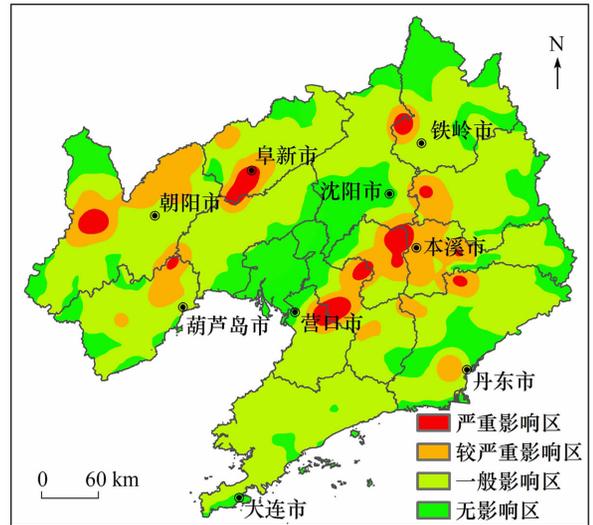


图4 辽宁省矿山地质环境评价

Fig. 4 Geological environment assessment of mines in Liaoning Province

2.3 矿产资源开发规划执行情况遥感监测

2.3.1 矿产资源开采规划执行情况

从采矿权投放、开采分区规划、开采区块规划等3个方面对矿产资源开采规划执行情况进行了分析与评价。结果表明,2011—2014年间,辽宁省矿山数量从4725个逐步下降至2093个,矿石开采总量从3.7亿t稳步提升到5亿t,矿山整合效果显著,资源开发得到了集约化调配,矿业经济总量和效益得到了提高;辽宁省针对不同矿种采取了差别化调控,提高了重要矿产资源持续供应能力,优化了矿产资源开发利用与保护的布局。但仍然存在423个采矿权未达最低开采规模、7个禁止开采区内仍存在少量矿业权或违法开采等问题。

2.3.2 矿山生态环境恢复治理规划执行情况

从矿山环境保护治理分区规划和矿山环境治理工程规划2个方面,对矿山生态环境恢复治理执行情况进行了分析与评价。结果表明,60个规划的治理工程中49个已开工,累计复绿面积为0.51万 hm^2 ,重点保护区内矿山环境明显好转,重点预防区、重点治理区和一般治理区内矿山环境恶化势头有所减缓,大型国有矿山环境恢复治理效果

显著。但仍然存在部分重点保护区内设立采矿权、矿山环境保护与恢复治理工程未开工等问题。

通过对上述执行情况的分析与评价,认为全省矿业布局在进一步优化,矿业结构得到调整,矿山地质环境状况明显改善,矿产资源管理能力和服务水平得到提高。

3 存在问题

(1) 遥感数据源种类多,色彩和空间分辨率不一,有可能导致不同地区解译精度不同,反映问题的程度也不同。例如由于市辖区的空间分辨率高于偏远山区,使得市辖区疑似违法图斑的提取精度优于偏远山区,可能得出市辖区违法开采比偏远山区更严重的结果,而实际矿山活动和违法开采大部分都集中在山区。

(2) 遥感数据时相跨度较大,有可能导致不同地区因时间不同给后期对比分析造成一定影响。

(3) 从中、高空间分辨率的遥感影像中可以有效识别较大规模的崩塌、滑坡及泥石流等地质灾害;但对于小型地质灾害,目前的遥感影像较难识别。

(4) 尽管前期工作已实现在矿山规划、开发和环境等方面的年度动态监测,也在国土资源管理工作中发挥了重要作用,但应急监测不力等问题依然存在。

4 结论与建议

通过2011—2014年4a的遥感监测工作,在矿产资源开发秩序、矿山地质环境、矿产资源规划执行情况等方面取得了大量成果,及时、有效地为政府及相关管理部门提供决策支持,促进了矿产资源可持续开发与利用、区域地质环境保护和矿山地质环境治理,其社会效益和经济效益较为显著。矿山遥感监测已经成为全国矿政管理工作的重要手段。在此基础上,提出如下建议。

(1) 继续开展矿山环境遥感监测。随着矿业活动的持续开展及矿业开采规模的扩大,必将出现新的违法矿山和环境问题。矿山开发环境遥感调查与监测必须及时跟进,以掌握矿区矿山开发秩序及矿山环境状况最新动态。

(2) 增加监测期次,提高应急监测能力。该项

目按照中国地质调查局的部署,已实现了矿山环境遥感监测的年度全覆盖,获取了年度动态变化信息;但部分矿山开发热点地区违法开采具有随意性、变化快,一年一度监测难以及时制止违法行为。应实现矿产资源开发现状动态巡查,为矿政管理工作提供更加及时、详尽的信息和强有力的技术支撑。

(3) 加强矿区生态环境恢复治理监测。目前,矿山占用或破坏的土地面积远大于恢复治理的面积,“矿山复绿”行动工程大部分尚未开展,应进一步加强矿区生态环境恢复治理动态监测,督促矿山地质环境恢复与治理进度,逐步改善矿区环境。

(4) 针对遥感数据种类多、时相跨度大造成的解译精度差异,建议在成果数据入库标准中,对矢量成果增加使用的遥感数据类型及时相属性,以便后期对成果数据进行精度评价及合理性分析。

(5) 加强对地质灾害的野外验证工作,对解译出的灾害图斑进行100%实地验证,对居民区附近或与人民生活密切相关的矿山开采密集地区采用全面验证,以提高灾害解译成果的准确度。

参考文献:

- [1] 王瑞国. 基于WorldView-2数据的乌东煤矿地质灾害遥感调查及成因分析[J]. 国土资源遥感, 2016, 28(2): 132-138.
- [2] 王海庆, 聂洪峰, 陈玲, 等. 采矿沉陷遥感调查与危害性研究[J]. 国土资源遥感, 2016, 28(1): 114-121.
- [3] 查东平, 申展, 刘足根, 等. 基于TM影像的德兴铜矿区生态环境变化[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(4): 109-114.
- [4] 杨显华, 黄洁, 田立, 等. 基于高分辨率遥感数据的矿山环境综合治理研究——以冕宁牦牛坪稀土矿为例[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(4): 115-121.
- [5] 陈琪, 赵志芳, 何彬仙, 等. 基于RS和GIS技术的矿山环境恢复与治理规划——以云南省元阳某金矿矿区为例[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(3): 167-171.
- [6] 马世斌, 李生辉, 安萍, 等. 青海省聚乎更煤矿区矿山地质环境遥感监测及质量评价[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(2): 139-145.
- [7] 安志宏, 聂洪峰, 王昊, 等. ZY-1 02C星数据在矿山遥感监测中的应用研究与分析[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(2): 174-182.
- [8] 高永志, 初禹, 梁伟. 黑龙江省矿区尾矿库遥感监测与分析[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(1): 160-163.
- [9] 杨金中, 秦绪文, 聂洪峰, 等. 中国矿山遥感监测[M]. 北京: 测绘出版社, 2014.
- [10] 秦绪文, 杨金中, 康高峰, 等. 矿山遥感监测技术方法研究[M]. 北京: 测绘出版社, 2011.
- [11] 杨金中, 秦绪文, 张志, 等. 矿山遥感监测理论方法与实践[M]. 北京: 测绘出版社, 2011.

[12] 杨金中,秦绪文,聂洪峰,等. 全国重点矿区矿山遥感监测综合研究[J]. 中国地质调查,2015,2(4):24-30.

[13] 核工业航测遥感中心. 辽宁省矿山环境监测成果报告[R]. 石家庄:核工业航测遥感中心,2015.

Application of remote sensing technology in mine environment monitoring in Liaoning Province

XUE Qing^{1,2}, WU Wei¹, LI Mingsong¹, DONG Shuangfa¹, WANG Bing¹, FAN Yunxiang¹

(1. *Airborne Survey and Remote Sensing Center of Nuclear Industry, Shijiazhuang 050002, China;*

2. *School of Earth Sciences, East China University of Technology, Nanchang 330013, China*)

Abstract: The mineral resources are abundant and the degree of exploration is high in Liaoning Province. But parts of mining activities are out of order and mining eco-environment damage is serious, so the quick and efficient means of remote sensing technology becomes inevitable in mining environment monitoring. Through 4 years of monitoring from 2011 to 2014, it is found out that the mineral exploration in the study area has been improved gradually and illegal mining has been decreased effectively. The current situation of mining land occupancy, geological disaster, environment pollution and recovery and program implementation in this study area has been investigated. The area, minerals types and exploitation methods with high occurrence of illegal mining have been summarized and analyzed. According to mining environment assessment, the serious area, heavier area, general area and no impact area have been delineation. The basic data and principle are provided for orderly and efficiently mineral exploration and environment protection in Liaoning Province. In addition, the problems and research orientations are discussed, and some suggestions for future remote sensing works of mine environment monitoring in Liaoning Province are proposed.

Key words: mining environment; mining exploration; remote sensing monitoring; Liaoning Province

(责任编辑: 刘永权)