SPOT5遥感图像数据在矿山地质环境调查中的应用研究

杨 敏[1],徐冬寅[2],乔彦军[1],王显炜[1],张江华[1]
(1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 2. 长安大学资源学院)

摘要:随着国民经济的迅速发展,矿产资源开发的力度、强度在逐年增大,从而导致矿山普遍存在着资源损失、植被毁坏、地质灾害和环境污染隐患并存等诸多环境地质问题,部分严重的环境地质问题已经危及到了矿山的正常生产和区域社会经济的可持续发展。文中以 SPOT5卫星遥感图像数据在小秦岭金矿区地质环境调查中的应用研究为例,以期卫星遥感技术在矿山地质环境调查中得到更加广泛的应用。

关键词: SPOT5;遥感图像解译;矿山地质环境;小秦岭金矿区
中图分类号: X 141 **文献标识码**: A **文章编号**: 1001 - 1277(2010)01 - 0051 - 05

0 引 言

矿产资源的开发利用对于人类社会经济的发展起到了至关重要的作用。由于中国工业化进程起步较晚等原因,矿产资源开发基本沿袭了西方走过的"先开发、后治理"的老路,导致矿山普遍存在着矿产资源损失、植被毁坏、地质灾害和环境污染隐患并存等诸多地质环境问题,部分严重的环境地质问题已经危及到了矿山的正常生产和区域社会经济的可持续发展。为此,2001年中国地质调查局先后安排部署了典型地区矿山地质环境调查与研究工作,对于查明中国矿山环境地质问题,为各级政府编制矿山地质环境防治规划、地质灾害评估、预警方案制定,依法监管矿产资源的开发,发挥重要的作用[1]。

文献[2]将 SPOT5数据运用于煤矿、铝土矿等矿山宏观分布的监测工作,配合矿权执法检查。文献[3]运用 SPOT5卫星遥感数据对形成积水区域的煤矿塌陷区变化的对比研究,收到了良好的效果。2005年,文献[4]采用 2.5 m分辨率的 SPOT5遥感图像融合数据,在陕西潼关金矿区矿山环境污染源、矿渣型泥石流物源堆积等调查工作中,发挥了重要的作用。笔者试图以小秦岭金矿区矿山地质环境调查为例,研究 SPOT5卫星遥感数据在(1∶5万)矿山地质环境调查中的应用技术、方法、技巧、操作程序、效果,以及 3S技术集成与应用。

1 研究区域自然概况

小秦岭金矿区是中国重要黄金矿产区之一,位于豫晋陕接壤的小秦岭中-低基岩山区,面积 1 500 km^2,海拔 700～2 100 m,主体山脉呈东西向展布,发育的南北向"V"型主峪道长 9.41～15.2 km,纵坡降比 8%～25%,沟坡坡度 30°～60°,其支沟纵坡降比 15.6%～58.4%。分水岭至出山口最大相对高差达 900 m。主要地层岩性为太古界太华群片麻岩、结晶片岩夹石英岩、大理岩等坚硬岩性,抗压、抗风化能力强。

矿区森林覆盖率 80%左右,残坡积层厚度 20～50 cm。小秦岭山外平原区多年平均降水量 587.4 mm,年最大降水量 958.6 mm,集中分布在 7—9月份;日最大降雨量 113.4 mm,日最大降雨量大于 100 mm为 10年一遇,日降雨量大于 50 mm为 2年一遇[4-5]。

小秦岭中低山以北地区为农业生产区,是小麦、玉米等大宗农作物的主要种植区。由于历史上大多矿山生产采用混汞—浮选法提金以及散落在各乡镇村庄近百处家庭作坊式的小汞碾、小氰化、小浮选等"三小"提金活动,使矿区环境污染十分严重[6]。

2 工作程序及方法

2.1 SPOT5数据选择

SPOT5卫星上搭载有 3种成像装置,包括高分辨率几何装置(HRG)、植被探测器(VEGETATION)和高分辨率立体成像(HRS)装置;拥有 5个波段,其中 PAN为高空间分辨率的全色波段,其他 4个为多光谱波段,详见表 1。

收稿日期: 2009 - 11 - 10
基金项目: 国家自然科学基金《矿渣型泥石流启动机理及临界条件研究(40872208)》;《小秦岭金矿区环境地质问题调查与评价(1212010741003)》
作者简介: 杨 敏(1984—),男,陕西渭南人,硕士研究生,主要从事矿山地质环境与遥感应用研究;陕西省西安市,中国地质调查局西安地质调查中心, 710054

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 SPOT5数据主要参数

波段	波段范围 /μm	分辨率 /m	说明
PAN	0.49～0.69	2.5	全色
Band1(XS1)	0.50～0.59	10	绿波段
Band2(XS2)	0.61～0.68	10	红波段
Band3(XS3)	0.79～0.89	10	近红外
Band4(XS4)	1.58～1.75	20	短波红外

SPOT5影像覆盖面积宽广、实时性和周期性较强,与分辨率 15 m的 ETM数据相比,具有更高的空间分辨率,可满足 1∶5万矿山地质环境调查工作的需要。与分辨率 0.61 m的 Quickbird高分辨率数据相比,购置费用比较低廉,因此笔者在小秦岭矿山地质环境调查工作中,采用 SPOT5卫星遥感数据资料。其工作方法流程见图 1。

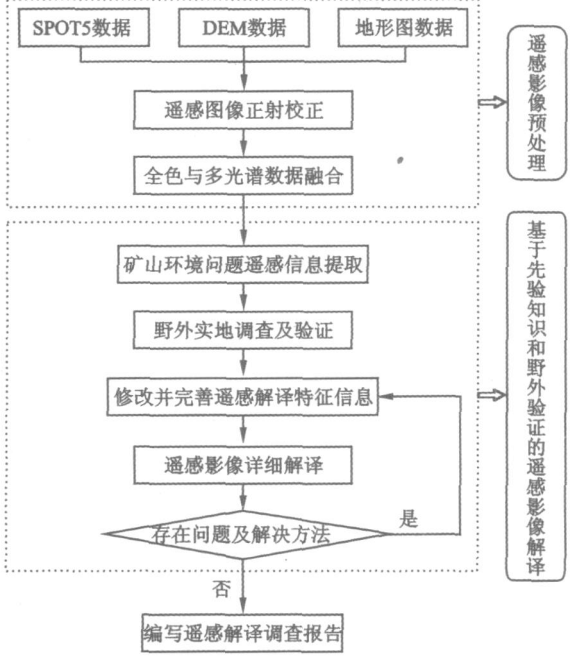


图 1 SPOT5遥感调查工作方法流程图[7]

为了保证良好的判释效果、满足矿山地质环境调查工作需要,在选择采用卫星遥感数据时,需遵循以下原则:

(1)影像数据必须清晰,地物标界限明显。

(2)尽量选择离调查时间最近的影像数据,以便准确反映调查期矿区的实际现状。

(3)针对矿山地质环境调查对象(选矿废渣场、开采及植被破坏、土地沙漠化、地质灾害隐患等),最好选择 5—9月份这个时间段的影像数据,因为此时植被茂密,影像色调反差较大,地物标清晰可辨,便于解译和分析。

在小秦岭金矿区矿山地质环境调查工作中,选用 2007年 6月 2日的 SPOT5全色波段数据和多光谱波段数据,数据质量良好,噪声低,基本无云雾现象。所使用的地形图是覆盖全部矿区的 12幅 1∶50 000地形图,以及与地形图相匹配的 DEM数据。

2.2 数据的预处理

采用 ERDAS LPS数字摄影测量组件,根据 DEM数据进行影像正射校正。由于 SPOT5没有蓝色波段,因此使用 ERDAS MAGNE专门为 SPOT5多光谱数据提供的方法合成模拟真彩色影像;其方法为:采用 XS1波段代替蓝色,绿色用 (XS1 ×3 + XS3) /4波段算法实现,红色用 XS2来表示;最后,将全色波段和多光谱波段数据进行融合。由于目前遥感影像的计算机自动分类精度不高,需要充分利用人的经验知识,所以采用 MAPGIS软件进行人机交互解译;具体做法是:通过人机交互判读发现矿业活动目标,用不同颜色的符号标注出来(包括属性);判读完成后,将结果输出,供野外调查验证使用[8]。

2.3 矿山地质环境遥感信息提取

2.3.1 地形地貌单元的判释

依据 ERDAS MAGNE提供的方法合成的自然彩色影像,可以比较直观地把小秦岭矿区划分为 6大类地形、地貌单元解译标志,依次为南部陡峭起伏的小秦岭中低山地、朱阳断陷盆地、小秦岭山北冲洪积斜塬、黄土残塬、河流阶地以及北部开阔平坦的黄河冲积平原[9],详见表 2。

表 2 矿区地形地貌特征解译一览表

解译对象	色调特征	形态特征	空间位置
中-低山基岩山地地貌区	总体呈绿色,阳坡呈浅绿色,阴坡呈墨绿色;岩石裸露区呈亮白色	裸露基岩形状多为雁行状,走向受构造控制	分布于海拔比较高、山势比较陡峭的山体上
朱阳断陷盆地地貌区	色调比较浅,呈土黄色	广泛分布规则矩形耕地,起伏较缓	位于小秦岭南坡
山前冲洪积斜塬地貌区	绿色和浅黄色相间	形状多为弯曲条状,表面有类似放射状的洪水冲沟	沿着山脉的走向在山北连续分布
黄土沟壑残塬地貌区	均匀浅土黄色	塬面平整,边缘呈参差不齐的破碎状	分布于山北的广大地区
黄河平原阶地地貌区	绿色或灰褐色	不同级别阶地由阶地陡坎分开,阶地内比较平坦	沿着黄河河道平行分布
河谷冲洪积阶地地貌区	未耕种区呈均匀浅色调,已耕种区为绿色	沿黄河支流狭长分布,呈阶梯状,边缘有陡坎,阶地内地形平坦	沿着黄河支流分布

注:色调特征反映在采用 XS1波段、(XS1 ×3 + XS3) /4波段、XS2波段合成的模拟真彩色影像上。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3.2　矿业活动场所的判释

对金矿采、选生产引发的矿山地质环境问题进行了详细的系统分类,归结为 5种类型:采矿废石堆积、采矿场、裸露尾矿渣堆积、尾矿库、选矿厂等,建立相对应的主要解译标志 5种,辅助解译标志 10种。SPOT5卫星遥感影像数据资料虽然是一个时段拍摄成像,同一地物标 (如采矿废石堆、采矿场、无库尾矿、尾矿库、选矿厂等)其色调、深浅度、亮度应该一致,但是在野外调查工作实践中却不尽相同,有些甚至出入很大。为此,笔者在大量调查研究的基础上,根据地面堆积物的时间、地点、位置、植被、季相变化等多种因子[10],建立了较为科学的辅助标志和补充标志,详见表 3。

表 3　矿业活动场所特征解译一览表

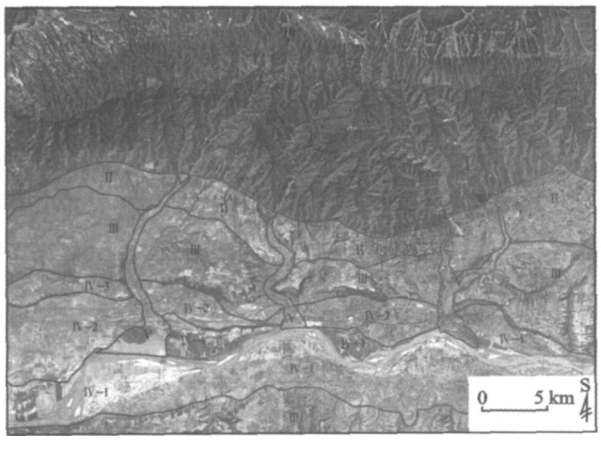
解译对象	色调特征	形态特征	空间位置
采矿废弃渣	白色并夹杂灰褐色斑点或纹理	沿沟道呈不规则长条状	分布于沟道两侧的山坡上,有些分布在河道当中
采矿场	青灰色、亮白色纹理	呈现各种不同形状的纹理	分布于堆积时间比较久的废石上
尾矿库	靠近尾矿坝多为亮白色,尾矿排入一端为深蓝色	一段或四面有规则线形人工坝体的形状	多分布于山区支沟中、山外沟口附近以及黄土残塬沟道中
无库尾矿	亮白色,有时有深蓝色斑块,是小氰化池	沟道内堆放的,呈不规则状;压站耕地堆放的,常呈规则矩形	多分布于山外黄土残塬沟道中,有些分布于塬面或河流阶地的农田中
选矿厂	亮白色,夹杂其他颜色条纹,为厂区道路、厂房	其中,有规则矩形的房屋,有线状道路,与外围有明显分界	选矿厂多分布于山外靠近山谷口周围

注:色调特征反映在采用 XS1波段、(XS1 ×3 + XS3) /4波段、XS2波段合成的模拟真彩色影像上

2.4　遥感图像的解译效果评价

本次遥感调查研究表明,将 SPOT5遥感影像数据应用于矿山地质环境调查研究工作,在矿区地形地貌特征的划分、矿业活动集中区域的判释、大气扬尘污染的判释等工作中,能够发挥其快速、及时、准确、便捷、视野开阔、实效性好等优点。同时,SPOT5遥感影像数据较高的空间分辨率和较丰富的多光谱信息,使得该数据在以下 3方面的特征提取中取得了比较好的效果。

(1) 矿区地形地貌特征:SPOT5遥感影像数据具有比较高的空间分辨率和光谱分辨率,能够比较明了地反映矿区地形地貌特征,方便地划分出不同的地形地貌单元,详见图 2。



Ⅰ—小秦岭中低山基岩山地区　Ⅱ—小秦岭北麓冲洪积斜塬区
Ⅲ—黄土沟壑残塬区　Ⅳ-1—黄河冲积平原区一级阶地
Ⅳ-2—黄河冲积平原区二级阶地　Ⅳ-3—黄河冲积平原区三级阶地
Ⅴ—河谷冲积阶地区　Ⅵ—朱阳断陷盆地区

图 2　矿区地形地貌解译图

(2) 矿业活动目标的特征:由于选择的遥感影像数据的时段在植物茂密的夏季,具有一定规模的采矿废弃渣、尾矿砂、选矿厂等亮度、色调与山林、农田差别很大,容易辨认,详见图 3。

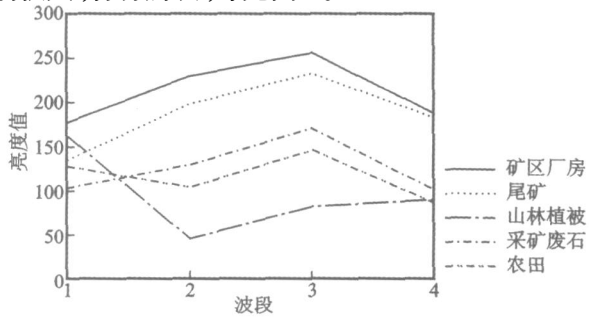


图 3　矿区几种不同地物的光谱剖面

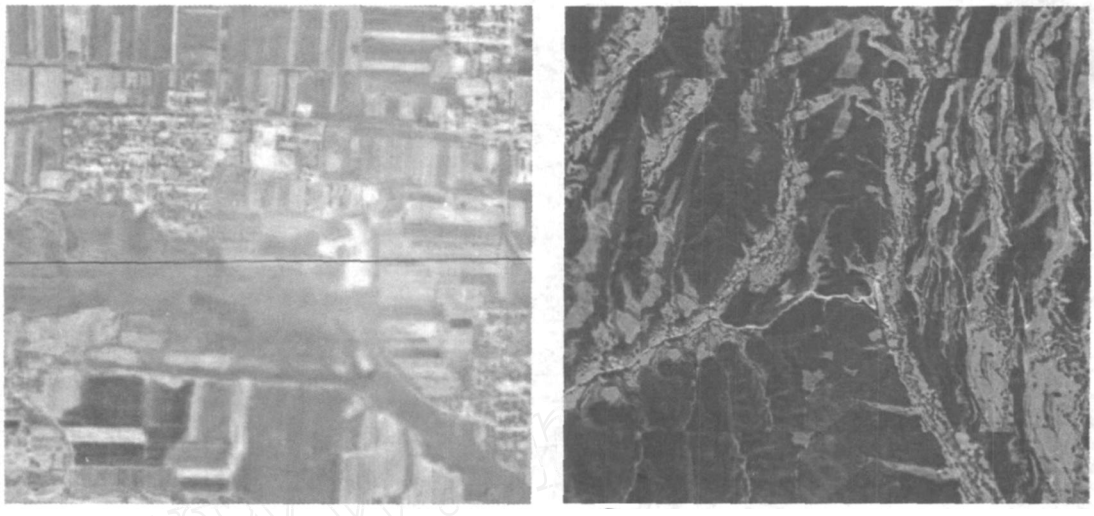
(3) 矿业活动频繁的小秦岭北部山外无库尾矿砂集中堆积区周边笼罩着一层灰白色烟雾,疑为尾矿扬尘造成的大气污染,见图 4(a),而矿业活动比较轻微的小秦岭南坡则空气透明度很好,见图 4(b)。

3　野外调查验证

对矿区内大湖峪、枣乡峪、文峪的采矿废弃物堆积以及故县镇、阳平镇、豫灵镇附近的尾矿渣堆按照集中情况分成 6个小区进行野外抽样和解译疑问点重点调查验证,然后根据野外实地调查数据,按以下公式计算出各区及总体解译判对率,校正提高了遥感判释的准确性,详见表 4。

$$S_i = \left(1 - \frac{M_i}{N_i}\right) \times 100\ \% \qquad (1)$$

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



(a)尾矿堆积区扬尘污染 (b)矿业活动轻微区大气质量良好

图 4 无库尾矿集中堆积区大气扬尘污染与矿业活动轻微区空气质量对比

$$S = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{5} M_i}{\sum_{i=1}^{5} N_i}\right) \times 100\ \% \qquad (2)$$

式中: S_i ——小区遥感解译的判对率(%);

M_i ——小区内实地调查发现的误判点;

N_i ——小区内实地调查点的数量;

S ——遥感总体的判对率(%)。

表 4 实地调查验证勘误表

矿业活动目标	遥感解译数量	实地调查数量	实地调查修改数量	正确率/%
大湖峪	478	96	18	81
枣乡峪	394	79	14	82
文峪	300	63	13	79
阳平镇	58	23	3	87
故县镇	234	43	5	88
豫灵镇	97	18	3	83
合 计	1 561	322	56	83

4 结论与建议

4.1 结 论

(1)利用卫星遥感技术,可快速、准确地圈定采矿、选矿的矿点分布,以及采矿废石、尾矿库、裸露尾矿渣堆及堆排位置、数量、面积及体积,为野外有目的、针对性地部署调查路线提供了有力的科技支撑,缩短了工作周期,提高了工作效率和调查水平。

(2) SPOT5遥感影像数据的经济性、分辨率、可获得性等都比较适合 1∶5万矿山地质环境调查工作需要,能够对工作区内的地貌单元、尾矿库、选矿厂、采矿废石堆等面状地物标志进行良好的判别。

(3)采用卫星遥感数据进行矿山环境调查工作刚刚起步,由于数据精度和分辨率的限制,对于土壤污染和小流域污染以及矿业活动分散区的监测效果还不尽如人意,技术还不够成熟,方法还不够科学,实践经验还不够丰富,分析、认识能力还比较肤浅,还需要在调查工作实践中不断进行总结、完善、充实、提高,创造性地探究拓宽应用领域。

4.2 建 议

(1)在进一步深入调查研究、数据统计分析的基础上,对卫星遥感影像数据技术、3S技术及其他应用软件,进行技术镶嵌、集成组合,建立“矿山地质环境调查数字化动态研究工作平台”,使传统的地质调查工作走上现代化、数字化的高科技之路。

(2)在大量调查研究的基础上,建立“重点矿区地质环境动态监测分析评估系统”,目标是更加体现科学性、技术性、可操作性、实用性。

(3)建立“重点矿区地质环境调查多因子、多项目、多内容相关性数据处理系统”,为国家、省、市、县各级政府制定矿产资源开发规划、地质灾害预警方案以及矿区监管和治理,提供科学详实的依据。

[参考文献]

[1] 徐友宁. 矿山地质环境调查研究现状及展望[J]. 地质通报, 2008(8): 1 235 - 1 242.

[2] 况顺达,赵震海. SPOT5在矿山监测中的应用[J]. 地质与勘探, 2005, 41(3): 8, 18 - 19.

[3] 黎来福,王秀丽. SPOT5卫星遥感数据在煤矿塌陷区监测中的应用[J]. 矿山测量, 2008(2): 46 - 47.

[4] 徐友宁,李育敬,陈社斌,等. 潼关金矿区矿渣型泥石流地质灾害特征及防治对策[J]. 山地学报, 2006(6): 667 - 671.

[5] 徐友宁,陈社斌,李育敬,等. 陕西潼关金矿区泥石流潜势度评价[J]. 水文地质工程地质, 2006(2): 89 - 90.

[6] 徐友宁,柯海岭,赵阿宁,等. 小秦岭某金矿区农田土壤重金属

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

污染评价[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 732 - 736.
[7] 白延平, 戴文晗. 榆林至神木高速公路遥感地质调查与评价[J]. 测绘技术装备, 2007, 9(1): 26 - 28.
[8] 韩振镖, 胡珂, 李成名. 基于 IKONOS影像监测城市变化方法研究[J]. 测绘通报, 2007(5): 54, 60.
[9] 卓宝熙. 工程地质遥感判释与应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
[10] 陈云浩, 史培军, 李晓兵. 基于遥感和 GIS的上海市空间热环境研究[J]. 测绘学报, 2002, 31(2): 139 - 144.

Application of SPOT5 remote sensing data on mining geological environment investigation

Yang Min[1], Xu Dongyin[2], Qiao Yanjun[1], Wang Xianwei[1], Zhang Jianghua[1]
(1. *Xi'an Geology Investigation Center, China Geology Investigation Bureau;*
2. *School of Resources, Chang'an University*)

Abstract: With the rapid economy development, the exploitation intensity of mineral resources increases year by year. The exploitation also causes various mining environment geology problems, such as resources loss, geological disaster, environment pollution potential and so on. Some serious mining environment geology problems have already endangered the regular production and the sustainable development of regional social economy. Taking SPOT5 remote sensing data of geological environment investigation in Xiaoqinling gold ore field as an example, this article discusses the initial application of remote sensing in the mining geological environment survey.

Keywords: SPOT5; remote sensing interpretation; mining geological environment; Xiaoqinling gold field

(编辑: 赵玉娥)

湖北三鑫金铜股份有限公司举行成立十周年庆典

2009年 12月 29日, 湖北三鑫金铜股份有限公司成立十周年庆典仪式在位于湖北大冶的公司现场隆重举行。会议总结和回顾了三鑫公司成立十年来取得的成绩和经验。国家安全生产监督管理总局党组成员、副局长王德学, 中国黄金集团公司总经理、党委书记孙兆学, 国家安全生产监督管理总局安全监督管理一司副司长裴文田, 湖北省安全生产监督管理局局长詹才泳, 黄石市委书记、市人大常委会主任王建鸣, 黄石市委副书记、市长杨晓波, 大冶市委书记傅继成, 大冶市委副书记、代市长荣绪俭等出席庆典仪式。中国黄金集团公司副总经理杜海青主持庆典仪式。

在庆典仪式上, 王德学指出, 三鑫公司在成立之初是一个名不见经传的小矿, 但在改制后的十年中, 在各股东单位共同努力下, 在地方党委、政府的领导下, 在全体的员工的奋力拼搏之下, 公司走出了一条健康发展、跨跃发展之路, 到今天已成为行业龙头、国内先进的大型现代化金矿企业, 装备水平、技术水平和管理水平都上了一个大的台阶。这些成绩的取得主要源于企业不断地改造、扩建, 不断地加强和改进企业内部的各项管理, 不断地强化职工队伍的建设。他要求三鑫公司加大探矿增储, 降低边界品位, 继续扩大规模, 进一步加强管理, 推进标准化建设, 在确保安全生产的前提下, 实现又好又快的发展, 向更高的目标和要求奋斗, 努力成为世界一流的黄金企业。

孙兆学在讲话中指出, 三鑫公司是中国黄金集团公司的骨干企业。长期以来, 不仅在产值和效益方面为集团公司的快速发展作出了重大贡献, 在资源获取和人才培养方面也为集团公司作了卓有成效的工作。三鑫公司在 2009年下半年进行的技术改造是从集团公司发展的大局出发, 自我加压, 他们边生产、边施工, 用 3个月的时间完成了技术改造项目, 确保了生产、建设两不误。特别是设计、参建单位加班加点、不辞劳苦, 不讲条件, 确保质量, 体现了过硬的战斗作风和较高的工作水平, 为项目按时投产作出了重要贡献。

孙兆学表示, 举行这次庆典仪式, 就是要肯定三鑫公司近年来在资源开发、项目建设、社会责任等方面取得的成绩, 就是要肯定三鑫公司团队的大局观念和执行力, 就是要鼓励和发扬那种不畏困难、勇于进取、团结协作、狠抓落实的三鑫精神, 就是要借此机会动员中国黄金集团公司上下为明年全面实现翻两番目标而努力奋斗。

王建鸣在讲话中对三鑫公司十年来为黄石经济社会发展所作的贡献表示感谢。他指出, 三鑫公司的十年是从无到有, 从小到大, 从弱到强的十年, 也是历经风雨、饱含艰辛、成就辉煌的十年。回顾过去, 三鑫公司的骄人成绩令人自豪, 展望未来三鑫公司发展前景依然憧憬。王建鸣表示, 面对新形势和新任务, 期待三鑫公司以十年庆典为契机, 坚持改革创新, 加强企业管理, 致力和谐发展, 朝着国际先进矿山, 全国一流黄金企业的目标稳步前进。

庆典仪式上, 湖北三鑫金铜股份有限公司董事长孙连忠致欢迎辞, 公司总经理、党委书记梁中扬汇报了公司十年来建设与发展的基本情况和取得的成就。

三鑫公司于 1999年 11月 28日经湖北省体改委批准挂牌, 由当时的中国黄金集团总公司 (现为中国黄金集团公司)、黄石市国资委、鄂东南基础工程公司、大冶市冶金工业总公司、中南地质勘查局五家股东发起设立。2004年月 12月, 中国黄金集团公司将持有 51%的股份转让给中金黄金股份有限公司, 三鑫公司实现上市。经过十年的发展, 已从年利润几百万元增加到 4.78亿元, 累计实现利润近 16亿元; 累计生产矿山金 11.6 t, 矿山铜 9.5万 t; 积极支持地方经济建设, 先后为地方投入和社会捐赠 2 000多万元, 实现了企业、股东、员工、社会协调和谐发展。 (转自中国黄金集团公司网)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net