

Analysis on Monitoring and Mechanism of Earthquake at Yixingzhai Gold Mine in Fanshi County, Shanxi Province

Wentao Ma, Jiahong Luo, Chunzheng Li

Key Laboratory of Active Tectonics and Volcano, Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing
Email: wentaoma_1@126.com

Received: Dec. 13th, 2017; accepted: Dec. 26th, 2017; published: Jan. 3rd, 2018

Abstract

On August 15, 2016 we have set up a temporary seismic network consisting of 5 short-period digital seismographs near Yixingzhai gold mine in Fanshi County of Shanxi province, recording 8.22 Yixingzhai $M_L 2.3$ earthquake sequence. By using double difference location technology and PS amplitude ratio of focal mechanism solution, it is found that the seismic sequence distributes near the goaf in Yixingzhai gold mine, mainly concentrating in the Yixingzhai fault in direction of NW. The majority of solution to the focal mechanism is normal fault type, the most microseismic seismicogenic fault being direction of NNE and the maximum earthquake rupture mechanism being NW direction. Seismic analysis shows that banded goaf formed underground stress relaxation zone in the gravity field, and the gravitational field led to a few rocks above the goaf roofing, while the rocks on both sides of the goaf went down along NNE direction, and moved to the center, generating microseismic activity. When the goaf extended downward or on both ends, the range of relaxation zone will be larger in virtue of the NW Yixingzhai fault, further increasing the earthquake intensity. And the fault in the lower part of the goaf stimulated local activity due to the unloading, causing several strong earthquakes on the surface. These phenomena indicate that the enhancement of Yixingzhai seismic response reflects the gravity field action around the goaf, and also corresponds with the local activity phenomena along the Yixingzhai fault.

Keywords

Mining Earthquake, Earthquake Mechanism, Goaf, Stress Relaxation Zone, The Yixingzhai Fault

山西省繁峙县义兴寨金矿地震监测及机理分析

马文涛, 罗佳宏, 李春政

中国地震局地质研究所, 活动构造和火山重点实验室, 北京
Email: wentaoma_1@126.com

收稿日期：2017年12月13日；录用日期：2017年12月26日；发布日期：2018年1月3日

摘要

2016年8月15日我们在山西省繁峙县义兴寨金矿附近设立了由5个短周期数字地震仪组成的临时地震台网，记录到8.22义兴寨 M_L 2.3级地震序列，通过使用双差定位技术和PS振幅比震源机制解法，发现该地震序列分布在义兴寨金矿采空区周边，主要集中在北西向义兴寨断层带上，震源机制解以正断型为主，多数微震发震断层方向北北东向，最大地震震源机制是走滑型，其破裂方向北西向；地震机理分析后认为条带状的采空区周边形成地下应力松弛带，在重力场作用下，引发采空区上方岩体少数冒顶，采空区两侧岩体分别沿着北北东向的节理向下、向采空区中心方向错动，产生微震活动；当采空区不断向下或两端延伸，更易借助北西向义兴寨断层向外扩大应力松弛带的范围，引发地震强度进一步增大；另外，位于采空区下部断裂因卸载也引起局部活动，出现了几次地表强烈有感地震。这些现象说明义兴寨金矿地震的增强过程反映了采空区周边重力场作用过程，也对应着沿着义兴寨断层的局部活动现象。

关键词

矿山地震，发震机理，采空区，应力松弛带，义兴寨断层

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

矿山地震，又称采矿地震、采矿诱发地震、岩爆或冲击地压，是常见的一种诱发地震类型之一，其它诱发地震类型包括了水库诱发地震、人工爆破诱发地震、抽注液诱发地震[1] [2] [3]。矿山地震常见于煤矿、金属矿和非金属矿等开采之中[4] [5] [6] [7]，最高震级可达 5.5 级，并且常伴有巷道坍塌、地面沉降、地表塌陷、地下水枯竭、地表强烈震感、房屋开裂、房屋垮塌，甚至造成人员伤亡等灾害[8] [9] [10]，特别是在中国煤矿等矿山接连发生 3 级地震，比比皆是，造成矿山附近区域已不适宜人类居住和植物生长的环境，已成为了与人类工程活动相关的主要环境灾害之一，引起有关国家、部门和科研工作者的高度重视。

从 2016 年开始，山西省繁峙县义兴寨村民反映时常感感觉到震动，并伴有放炮式声响。2016 年 4 月 2 日下午三、四点钟、六月一日清晨五点半左右、六月六日上午十一点总共发生三次强烈有感地震，伴随大量微震发生，强烈震动造成房屋墙面开裂、桌上显示器摇晃不稳等现象，据此判断地震的震中烈度达到 VI 度，引起了义兴寨村民的极度恐慌，给当地社会发展带来了严重的不稳定因素。

但这些地震因为震级小、震源浅极，并未在中国地震局和山西省地震目录列出。为了查明发震原因，我们在山西紫金矿区建设 5 个地震台站组成的临时地震监测台网，记录到 2016 年 8 月 22 日 M_L 2.3 级地震的完整序列，开展了地震定位和震源机制分析，结合当地矿山特殊的采空区分布和构造条件，研究该矿山地震活动规律，抛砖引玉，获得其发震机理，丰富了矿山地震震例，为评价繁峙县金矿区未来地震发展趋势和减轻地震危害程度等奠定基础。

2. 义兴寨金矿区域地震地质概况

义兴寨金矿区位于山西省繁峙县义兴寨附近(见图 1)。其矿区地表总体呈一单斜构造，地层为单一台

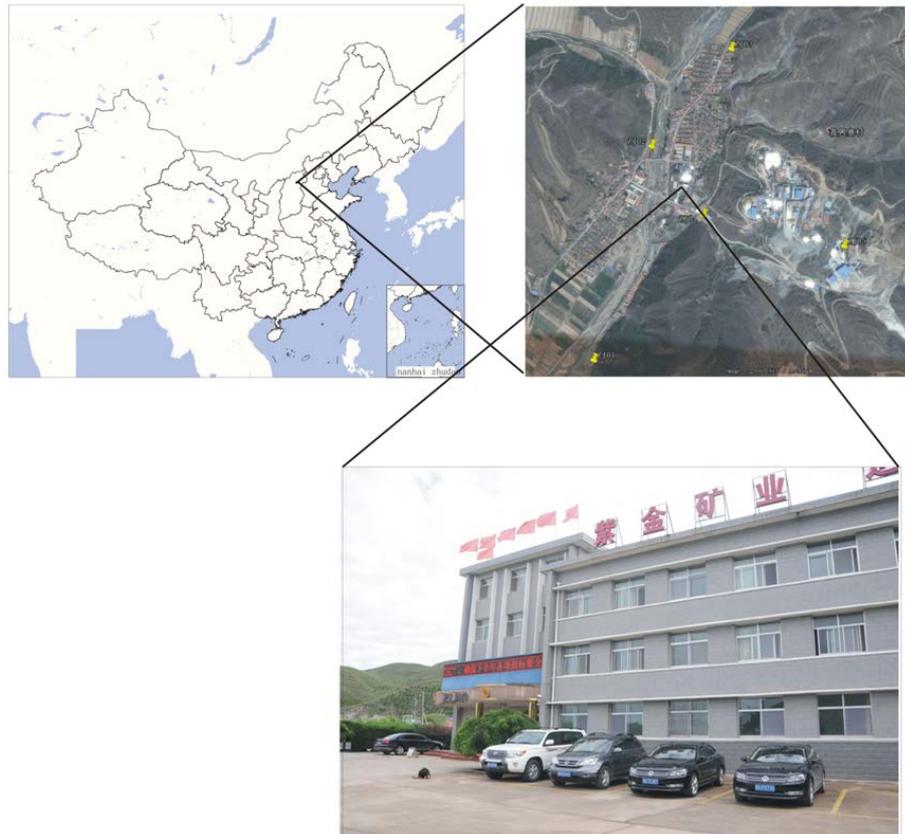


Figure 1. Yixingzhai gold mine location map
图 1. 义兴寨金矿区位置图

子底组训草段变质岩性，岩性为黑云角闪斜长片麻岩，局部夹浅粒岩薄层，金矿围岩属恒山杂岩中的变闪长岩-黑云斜长片麻岩和长英质片麻岩。在义兴寨金矿区中部由河湾、铁塘碛、南门山、金鸡岭四个菱形格局分布的角砾岩筒组成，在东南侧以闪长岩为主体的侵入杂岩——孙庄闪长岩体，岩体和矿体均受早燕山期义兴寨断裂控制每个成矿阶段又可以划分为脆性破裂和脆-韧性扩张两种构造动力学环境[11]。

基底构造为 NEE 向复背斜构造，主要形成了 NNW 向断裂为矿区的容矿构造、NW 向义兴寨断裂和杏树沟-龙山断裂的控矿构造，它们都具有张剪性正断层性质，其中后者多数充填各种脉岩，其断续延长数千千米，走向一般 $305^{\circ}\sim 335^{\circ}$ ，倾向南西，倾角 $65^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 沿走向略呈“S”型，其破碎带宽一般数米至十余米。

山西省忻州市繁峙县义兴寨金矿开采始于 80 年代，先后经历了省属金矿、义联金矿、个体金矿，再到 2005 年国有控股的山西紫金矿业的属性变更。义兴寨金矿矿脉宽度 5~10 米不等，产状近直立。开采方式爆破挖掘，采空区宽度 10~20 米。长期开采形成了沿着 0~10 号等矿脉周边区域的大面积采空区，走向一般北北西向，倾角近直立、估计最大面积达 $2.5\text{ km}\times 20\text{ m}$ 的采空区，深度在 200~600 m 左右，目前开采区在深 600 米左右，义兴寨金矿日采矿石 1000 吨左右。

3. 监测台网建设、数据分析与地震定位和震源机制确定

3.1. 监测台网建设

因繁峙县历史上属于无震区，距离最近的五台地震台站也有近 100 公里，对该地区地震监测能力低。为此，在繁峙县义兴寨金矿区设立矿震临时监测台网，由 5 个数字地震台站组成，使用美国产 24 位

Reftak130 型宽频记录仪和英国 L-22/3D 短周期地震计, 以 Garmin VT600GPS 授时系统提供高精度的到时服务, 其时间误差小于 10 微秒, 对时系统都采用 30 分钟对一次时, 实现了观测系统的高精度性, 采样率选用 200 Hz、连续记录方式, 加 32 倍前置放大器, 提高了地震监测能力。

通过繁峙县义兴寨金矿区地震调查结果, 同时考虑到 0~10 号矿脉采空区分布, 结合地表基岩分布情况, 设计了 5 个地震台站台址(见图 3, 见表 1), 其中 ZJ₀₁、ZJ₀₂、ZJ₀₄、ZJ₀₅ 台站建设在基岩之上, 再在基岩之上使用水泥建立平台或建立摆房, 以确保地震计与大地耦合良好; 最北面的老乡家(ZJ₀₃)台站因无法选取合适的基岩, 只有选取两米薄层土, 使用水泥在土层中建立厚度大于 30 cm 的水泥板, 在此基础上在建地震计摆房。

最后, 山西省义兴寨金矿地震临时监测台网最小台距 356 米, 最大台距 800 米, 呈面状分布(见图 3)。该地震台网的地震监测能力在矿区范围内可小于 $M_L-0.2$ 级, 能够有效地监测山西省义兴寨金矿区及附近 5 km 平面区域、深 2 km 以上的任何微小震动, 为分析其震动位置和机理奠定基础。

3.2. 数据分析与地震定位

繁峙县义兴寨金矿地震临时监测台网的数据分析主要包括: 1) 根据地震波的特征, 区分爆破与天然地震以及其他的因素; 2) 编制地震波目录和观测报告; 3) 确定震源机制解等; 为研究成因奠定数据基础(见图 2)。

Table 1. The parameters table of earthquake temporary monitoring stations at Yixingzhai gold mine in Shanxi province

表 1. 山西省义兴寨金矿地震临时监测台网台站参数表

台站编号	台站名称	经度	纬度	海拔(m)	台基类型	建台时间
ZJ ₀₁	通风洞	11,335.310	3921.353	1246	基岩片麻岩, 通风洞	2016.8.15 上午
ZJ ₀₂	桥头洞	11,335.417	3921.923	1275	基岩片麻岩, 通风洞	2016.8.15 上午
ZJ ₀₃	老乡家	11,335.661	3922.173	1285	薄层土	2016.8.15 上午
ZJ ₀₄	大门内	11,335.623	3921.736	1270	基岩砂岩	2016.8.15 下午
ZJ ₀₅	选矿厂	11,336.072	3921.695	1337	基岩变闪长岩	2016.8.15 下午

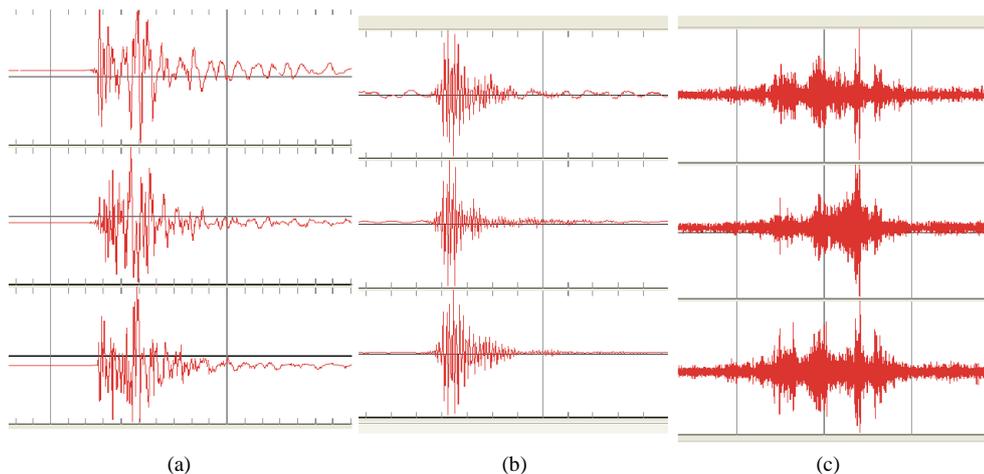


Figure 2. The waveform difference diagram: earthquake (a), gold mining gun (b) and car vibration (c)

图 2. 地震(a)、金矿采矿炮(b)和路过车振动(c)波形区别图

关于矿山开采中排炮有感问题, 根据我们观测结果, 只有 ZJ₀₄ 台站有清晰记录, 而距离它 365 米的 ZJ₀₂ 台站就记录不到。这说明矿山排炮能量较小, 衰减较快。不排除距排炮上方的村民有感。但距离超过 300 米的村民应该感觉不到排炮的震动。因此, 村民频繁感觉到的震动多数是矿山地震。

根据义兴寨临时台网稀疏台站和地震丛集的特征, 我们可以选择双差相对定位方法(HYPODD)提高地震的定位精度[12]。从获得的初始震相文件中, 我们使用 ph2dt 对震相进行配对, 一共获得 129 个地震事件, 764 个可用震相, 2491 个 P 波震相对, 1890 个 S 波震相对, 事件对之间的平均距离为 176 m, 使用双差定位方法后我们获得了 116 个地震事件, 重定位率高达 92.8%。重定位后震中更加紧凑, 呈现出团块状特征, 与实地调查地震强度区基本一致(见图 3)。

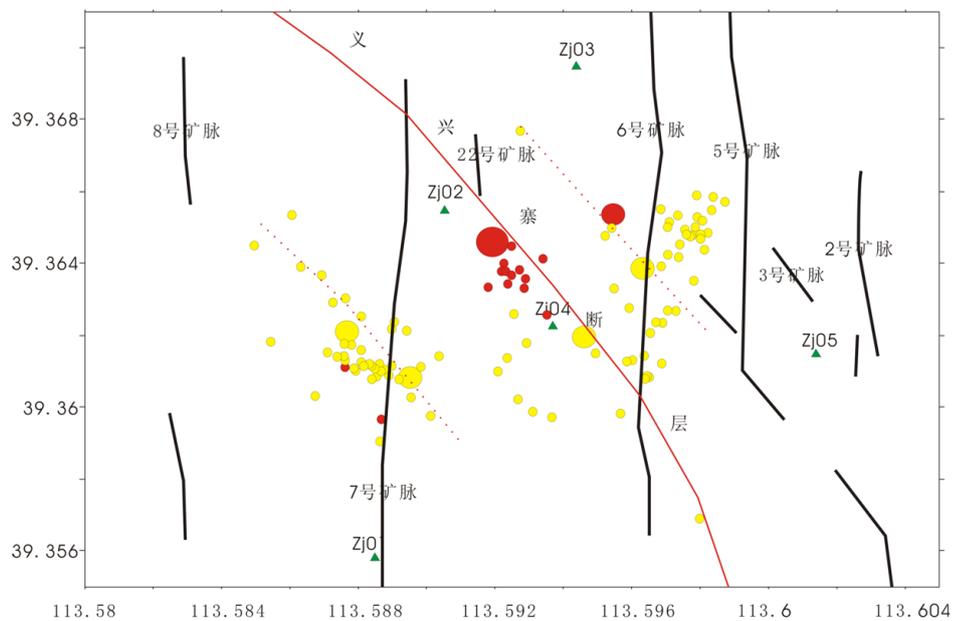
在实际结果分析中, 发现了在 20 多天的短期监测中, 监测区域存在短期的局部应力调整现象, 发震地区存在小范围的迁移现象。根据获得的地震事件, 将研究时间段划分成 2016.8.15~22 和 2016.8.23~9.6 两段, 在前一段时间内地震主要发生在最大地震 M_L2.3 级附近区域, 而后一个时间段发震明显向东、南和西边迁移, 表明在短时间内局部应力场有一个闭锁、破裂到扩散的调整过程。

繁峙县义联金矿区地震观测期间内(2016.8.15~2016.9.6), 我们记录到 8.22 地震序列(见图 4), 总共 129 次, 最高震级 M_L2.3 (M_S1.52), 而 M_L 与 M_S 满足关系式: $M_L = (M_S + 1.08) / 1.13$ 。其中 -0.5~0.9 级 123 次, 1.0~1.9 级 5 次, 2.0~2.9 级 1 次(见表 2)。这说明义兴寨金矿区地震以极微震为主, 震级较低。在半个月, 发生大于 0 级地震 129 次, 频次较高, 说明近期微小地震频繁发生。

从山西省义兴寨金矿区地震定位结果看, 地震的震源深度来看(见表 2, 见图 5)都很浅, 最深 1.122 km, 大部分在 0.2 km 到 0.8 km 之间。而最高震级 2.3 级地震的震源深度在 0.341 km 左右, 其它较大地震 0.372 km 到 0.848 km 之间, 这说明地震震源深度都很浅, 主要集中在采空区周围, 也说明地震是由采矿诱发的。

3.3. 震源机制解

小震震源机制解是分析地震发震应力特征, 进而推断震源区应力场和区域构造应力场的重要基础资



图中红圆点 2016.8.15~8.22 时间段地震, 黄圆点 2016.8.23~9.6 时间段地震, 绿三角地震台站位置, 黑线金矿脉及采空区分布区, 红线断层

Figure 3. Distribution map of seismic positioning results

图 3. 地震定位结果分布图

Table 2. The earthquake frequency and magnitude statistics table
表 2. 地震频次与震级统计表

震级	$-0.5 \leq M_L < 0.9$ 级	$1.0 \leq M_L < 1.9$ 级	$2.0 \leq M_L < 2.9$
频次	123	5	1

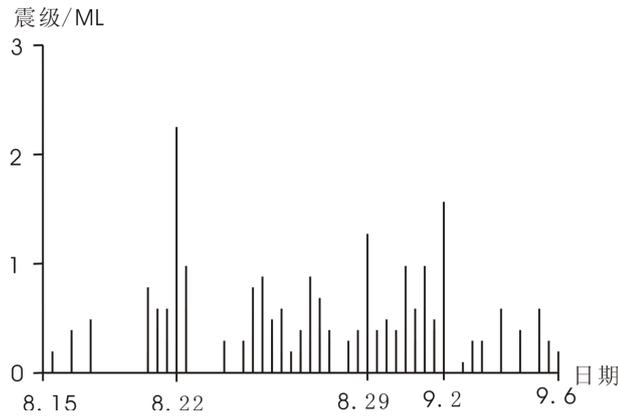


Figure 4. The earthquake MT map
图 4. 地震 MT 图

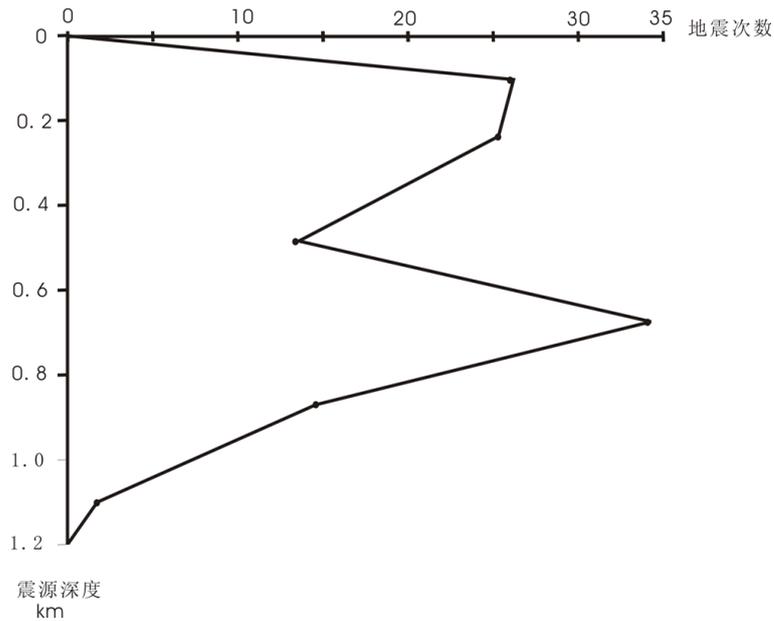


Figure 5. The earthquake depth distribution map at Yixingzhai gold mine in Shanxi province
图 5. 山西省义兴寨金矿区地震深度分布图

料。鉴于义兴寨金矿地震波形频率偏高，主频在 20~50 Hz，无法使用波形拟合法，我们使用 P_g 、 S_g 波振幅比法确定小震震源机制解[13]。

根据义兴寨金矿地震台网所记录到的地震波形资料中垂直向 P_g 和 S_g 振幅比，本文采用梁尚鸿等(1984)的方法结合 P 波初动资料求解震源机制解，选取义兴寨金矿的小震群进行分析研究。选取震级 M_L 为 0.3~2.3 级的 7 个地震事件求解震源机制解(小震震源机制解参数结果见表 3 所示)，给出了沙滩球(见图 6)，结果表明义兴寨金矿小震震源机制主要为正断倾滑，兼有走滑分量，发震断层方向为 NNE 向和 NW 向两组。

Table 3. The parameters table of small earthquake source mechanism solution at the Yixingzhai mining
表 3. 义兴寨金矿小震震源机制解参数结果表

编号	日期	时刻	纬度	经度	深度 KM	震级(ML)	第一节面			P 轴			T 轴			B 轴		
							滑动角	倾角	倾向	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	
1	2016-8-22	3:43	39.36448	113.5919	0.341	2.3	-106	35, 304	-79	57	143	84	76	225	11	317	9	
2	2016-8-25	0:4	39.364783	113.595223	0.771	0.3	82	34, 300	95	57	129	215	12	56	78	306	4	
3	2016-8-27	7:23	39.359888	113.593106	0.905	0.9	-66	4 58	-92	86	214	122	49	306	41	214	2	
4	2016-8-31	0:21	39.360841	113.589500	0.716	1.0	170	88 284	2	80	14	330	6	239	8	93	80	
5	2016-8-31	12:43	39.362050	113.587627	0.808	1.0	-130	53 184	-49	52	58	31	59	301	0	211	31	
6	2016-9-2	1:18	39.361969	113.594596	0.848	1.6	128	80 15	16	39	117	76	25	321	42	187	37	
7	2016-9-4	6:13	39.360776	113.588401	0.191	0.6	-122	45 196	-62	53	58	29	67	128	4	220	22	

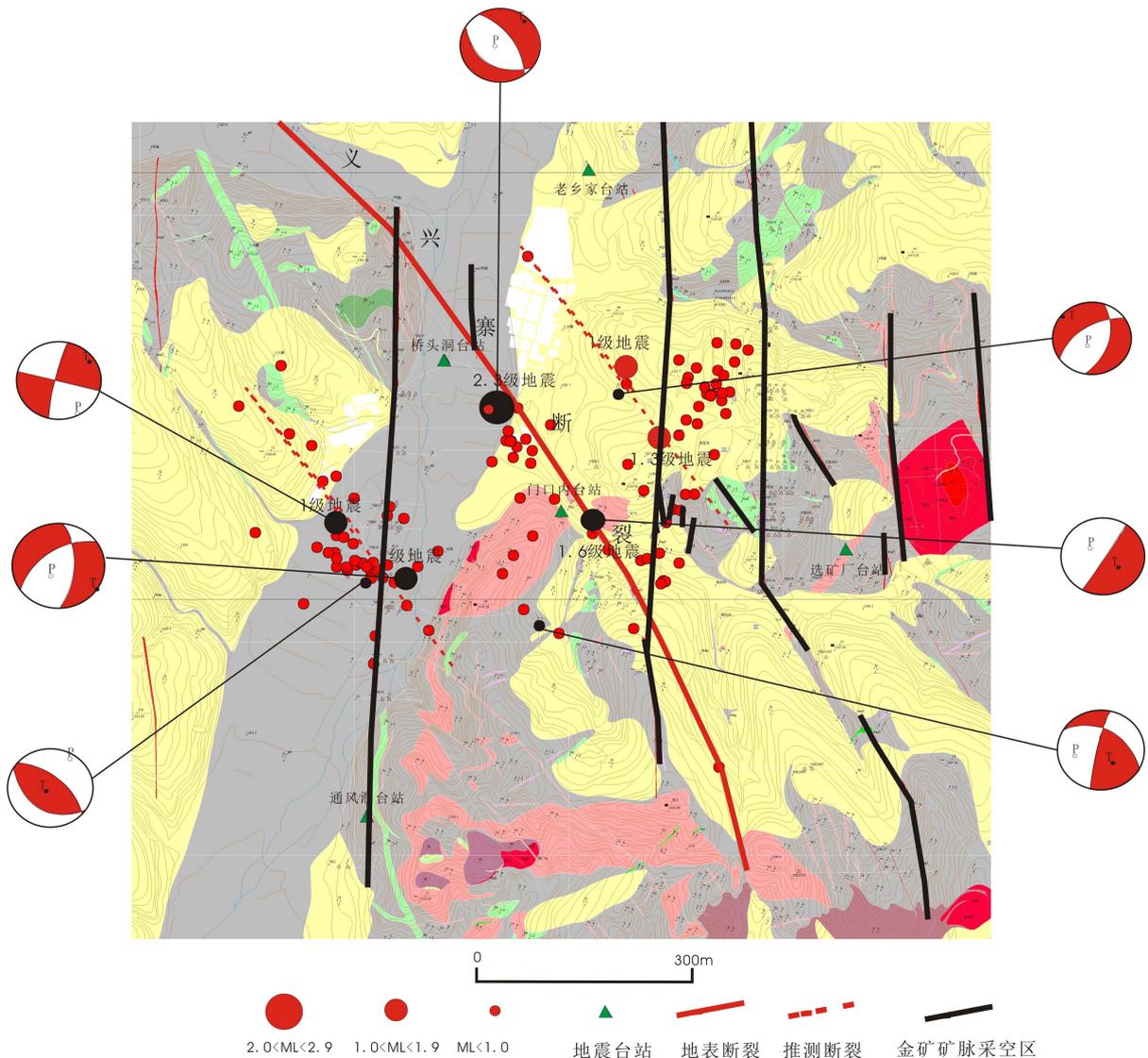


Figure 6. The earthquake distribution map at the Yixingzhai gold mine in Shanxi province (2016.8.15~2016.9.6)
图 6. 山西省义兴寨金矿区地震分布图(2016.8.15~2016.9.6)

4. 义兴寨金矿地震成因机理分析

人们很早就注意到采矿与地震的关系[1] [2] [3], 1908 年代, 矿山地震与冲压现象属于矿体—围岩系统在其力学平衡状态被破坏并且释放出大于消耗能量的瞬间震动[5], 一般可归结为在掌子面上和采空区两类[4] [6] [6], 或者完整岩石破裂、井巷布置和采掘方式不合理和大面积冒顶三类[1], 或者材料失稳型、滑移错动型和结构失稳型三种[11], Hasegawa 等[14]将诱发矿震分成六种方式: 采空区冒顶、矿柱冲击、张性断层、正断层、逆冲断层和近水平浅俯冲断层。这些研究说明: 每一种矿山地震的发震断层与实际的矿山开采方式、局部构造类型等有关, 也决定了最高震级和发震机制。

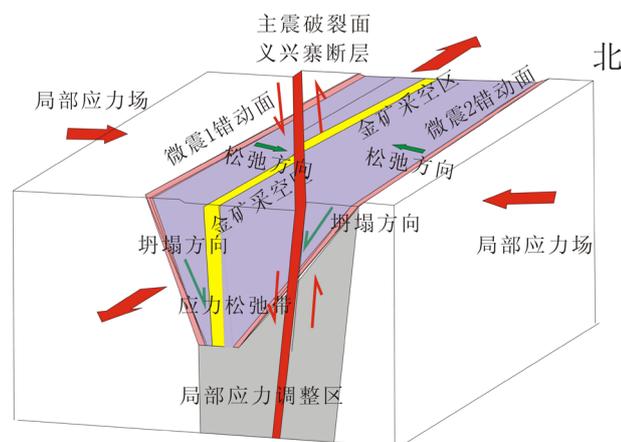
就山西省繁峙县义兴寨金矿矿区而言, 从地震空间分布看(见图 6), 地震主要分布在义兴寨金矿采空区周边一定区域, 在 7 号矿脉、5 号矿脉和 6 号矿脉附近区域存在较多地震分布。特别是最大地震 ML2.3 级(M_s 1.52 级)发生在义兴寨断裂上, 之后存在一个向周边区域扩散的明显现象。并且, 这些微震排列成北西向线性图像, 可能与北西向断裂活动相关。这凸显了北西向断裂在发震过程当中主导作用, 特别是对于较大地震, 其发震原因与北西向断裂有关。

结合义兴寨金矿矿区小震震源机制解(见表 3 和见图 6), 大多数微震的断裂方向是以北北东向为主, 与矿脉走向基本一致, 也与采空区的走向相一致。说明采空区形成北北西向的松弛空间, 产生了大量的微小地震。但最大地震破裂方向是北西向, 与北西向义兴寨断裂和错动方式是相一致。

在历史上看, 山西省繁峙县义兴寨金矿矿区原是无震区, 说明北西向义兴寨断裂层处于稳定的力学状态。

在义兴寨金矿 0 到 10 号北北西向矿脉上的多年和多单位开采之后, 在地下 200 米到 600 米形成了大小不等的北北西向网格状的采空区带。尽管采空区宽度 20 m 到 1 m 不等、上宽下窄, 上顶板跨度和面积有限, 但采空区长度最长可达 2.5 km。这种网格状结构的采空区, 必然引起两侧出现呈长条状的应力松弛带, 其一侧水平挤压应力消失, 突出重力的作用。而原本存在着的顺地层裂隙发育, 很容易导致岩体失稳, 故在采空区及周边产生大量的微小地震。

从 2016 年开始, 随着采空区的不断扩大, 应力松弛带也加宽加深, 它对区域应力场的影响范围日益增大。李铁等[15]认为超过 200 m 深度, 才会引起较大地震的发生。通过在采空区顶板及周边不断地发生微震活动, 应力松弛带渐渐包含了向北西向的义兴寨断层的部分段落, 也软弱该段落力学性质, 导致北



红色是断层, 黄色为金矿脉和采空区, 紫色为应力松弛带, 橙色为地震破裂面, 灰色区域是因采空引起的断层局部应力调整区

Figure 7. The schematic diagram of earthquake formation mechanism at the Yixingzhai gold deposit in Shanxi province
图 7. 山西省义兴寨金矿区地震形成机理示意图

西向的义兴寨断裂局部活动, 发生了较大地震的发生, 这说明长期沿着矿脉开采, 引发了应力松弛带范围的不断扩大。同时, 采空区的形成也会引发断层周边的局部应力场的变化, 造成北西向的义兴寨断裂局部活动, 也就是在采空区之下也存在着地震分布, 属于 Hasegawa 等[14]六种诱发矿震之一的逆冲断裂型机制。这是引起义兴寨金矿有感地震发生的真实机理。这说明义兴寨金矿地震的发生存在着重力场与局部应力场的相互作用过程, 也就是大小构造的相互作用问题(见图 7)。

5. 小结

通过 2016 年 8 月 15 日我们在山西省繁峙县义兴寨金矿附近设立由 5 个短周期数字地震仪组成的临时地震台网, 记录到 8.22 义兴寨 M_L 2.3 级地震序列, 使用双差定位技术和 PS 振幅比震源机制解法, 我们获得了采空区不但能引起重力场, 也会引起局部应力场的变化。我们预计随着山西省繁峙县义兴寨金矿的不断开采, 极有可能引发更大的地震。按照诱发地震的发震断裂长度与震级关系[16], 估计最高震级不会超过 4 级, 但不排除地表建筑物局部破坏、地面沉降的现象发生。有关部门应充分引起重视, 采取一些必要防震减灾措施, 尽早搬迁采空区之上的居民, 避免人员和财产的损失。

致 谢

山西义兴寨金矿的地震监测工作得到了山西紫金矿业有限公司的张主任等大力支持, 特别是得到了北京得一成利环境工程技术有限责任公司的陈永生高级工程师的帮助, 在此一并表示谢意。

基金项目

“十一五”国家科技支撑计划项目(2008BAC38B04)资助。

参考文献 (References)

- [1] 胡毓良. 诱发地震及其对策[J]. 中国地震, 1988, 1(4): 34-39.
- [2] 杨清源, 陈献程, 马文涛, 等. 长江三峡地区盐关微地震群的成因机制[J]. 地震地质, 1993, 15(3): 247-252.
- [3] 张少泉, 张诚, 修济刚, 等. 矿地震研究书评[J]. 地球物理学进展, 1993, 8(3): 69-85.
- [4] Gibowicz, S.J., Kijko, A. 矿地震学引论[M]. 修济刚, 徐平, 杨心平, 译, 张少泉, 校. 北京: 地震出版社, 1996: 1-415.
- [5] 张兆平, 关杰, 张少泉, 等. 矿井微震与冲击地压危险评价的研究现状[J]. 中国地震, 1988, 1(2): 123-124.
- [6] 潘一山, 李忠华, 张梦涛. 我国冲击地压分布、类型、机理及防治研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(11): 1844-1851.
- [7] 李世愚, 和雪松, 张少泉, 等. 矿地震监测技术的进展及最新成果[J]. 地球物理学进展, 2004, 19(4): 853-859.
- [8] 姜福兴, 杨淑华, 成云海, 等. 煤矿冲击地压的微地震监测研究[J]. 地球物理学报, 2006, 49(5): 1512-1516.
- [9] 陆菜平, 窦林名, 王耀峰, 等. 坚硬顶板诱发煤体冲击破坏的微震效应[J]. 地球物理学报, 2010, 53(2): 450-456.
- [10] 姜耀东, 赵毅鑫. 我国煤矿冲击地压的研究现状: 机制、预警与控制[J]. 岩石力学与工程学报, 2015, 34(11): 2188-2204.
- [11] 李成禄, 李胜荣, 罗军燕, 等. 山西繁峙义兴寨金矿黄铁矿热电系数与导型特征及其地质意义[J]. 现代地质, 2009, 23(6): 1056-1063.
- [12] Waldhauser, F. and Ellsworth, W.L. (2000) A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California. *BSSA*, **90**, 1353-1368. <https://doi.org/10.1785/0120000006>
- [13] 梁尚鸿, 李幼铭, 束沛镒. 利用区域地震台网 P、S 振幅比资料测定小震震源参数[J]. 地球物理学报, 1984, 27(3): 249-256.
- [14] Hasegawa, H.S., Wetmiller, R.J. and Gendzwil, D.J. (1989) Induced Seismicity in Mines in Canada—An Overview. *Pure and Applied Geophysics*, **129**, 423-453. <https://doi.org/10.1007/BF00874518>

- [15] 李铁, 蔡美峰, 蔡明. 采矿诱发地震三个特征震源深度的探讨[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(8): 1546-1552.
- [16] 马文涛, 徐长朋, 李海鸥, 等. 长江三峡水库诱发地震加密观测及地震成因初步分析[J]. 地震地质, 2010, 32(4): 552-563.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-7301, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: me@hanspub.org