

2001年以来华亭小震活动增强现象的研究

杨国栋, 吴永信, 徐辉

(甘肃省地震局, 甘肃兰州 730000)

摘要:通过对甘肃省平凉市华亭地区2001年以来出现的异常地震活动现象和该区矿产开采情况的相关分析和我国历史矿震资料的研究,得到了该地区出现的异常地震活动现象是由矿山开采引起的结论。对该地区的震情和震害做了预测并提出了防震减灾的建议。

关键词:地震活动增强; 矿震; 监测; 华亭地区

中图分类号: P315.7 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2006)02-0163-04

Study on the Strengthening Small Earthquake Activity Phenomenon in Huating Region

YANG Guo-dong, WU Yong-xin, XU Hui

(Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Through the related analysis for the strengthening earthquake activity phenomenon and the output of coal mine in Huating region, Pingliang City, Gansu Province, from 2001, and study on the historical mineral earthquake data in China as well, the conclusion that the increased earthquake activity phenomenon is caused by mining in Huating region is taken. The earthquake developing trend and earthquake disaster in the region are predicted, and some suggestion on earthquake prevention and disaster mitigation are put forward in this paper.

Key words: Strengthening earthquake activity; Mineral earthquake; Monitoring; Huating region

0 引言

2005年5月31日甘肃省平凉市的华亭发生了 $M_L 3.1$ 地震,造成了1人死亡,12人受伤;2005年10月2日又发生 $M_L 4.2$ 地震,造成了3人受伤。华亭地区地震灾害的接连发生意味着什么?该地区以后会发生更大的地震吗?会产生更大的震害吗?这些是人们一直关心的问题。根据甘肃省地震局对此下达的相关专题,我们开展了本文的研究工作。

1 华亭的异常地震活动现象及其震害

华亭地区自从2001年年底以来出现了明显的异常地震活动增强现象(图1、图2),表现出的主要特征是:

(1) 地震的分布在空间上非常集中。地震集中

发生在平凉市的崆峒区、华亭县和崇信县的行政区内。绝大部分集中在南北30 km,东西40 km的狭小矩形区域内。

(2) 震级小、频度高。2001年10月份以来该地区共发生地震716次。其中0~0.9级48次;1.0~1.9级243次;2.0~2.9级地震391次;3.0~3.9级地震33次;4.0级地震1次。最大的地震就是2005年10月2日发生的 $M_L 4.2$ 级地震。

(3) 震害大。华亭地震虽然震级不高但却造成了较大的震害。据平凉市地震局,2005年5月30日发生的 $M_L 3.1$ 地震造成了华亭煤电股份公司华矿603工作面巷道风筒设施扭曲,形成巷道阻塞20 m,井下1人死亡,12人受伤,并因此引起了社会上的广泛关注。2005年10月2日华亭发生了2001年

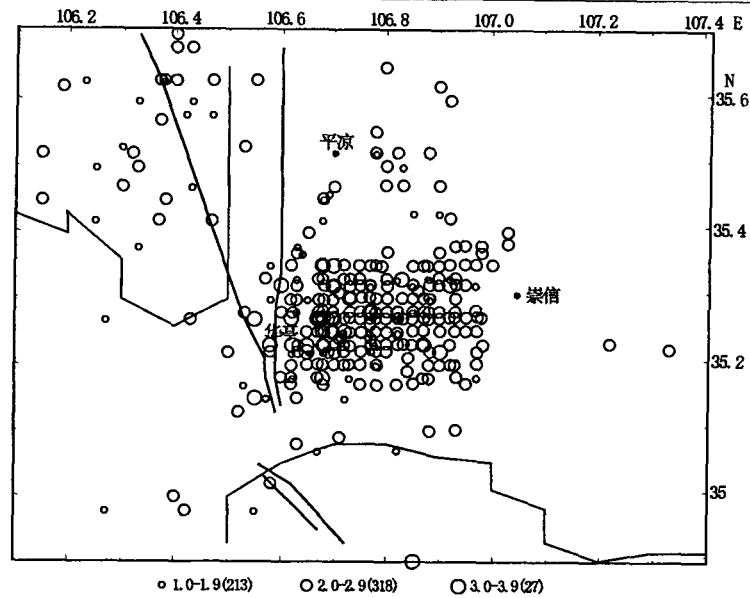


图1 华亭异常地震活动区域震中分布图

Fig.1 Epicenter distribution of earthquake activity in Huating region.

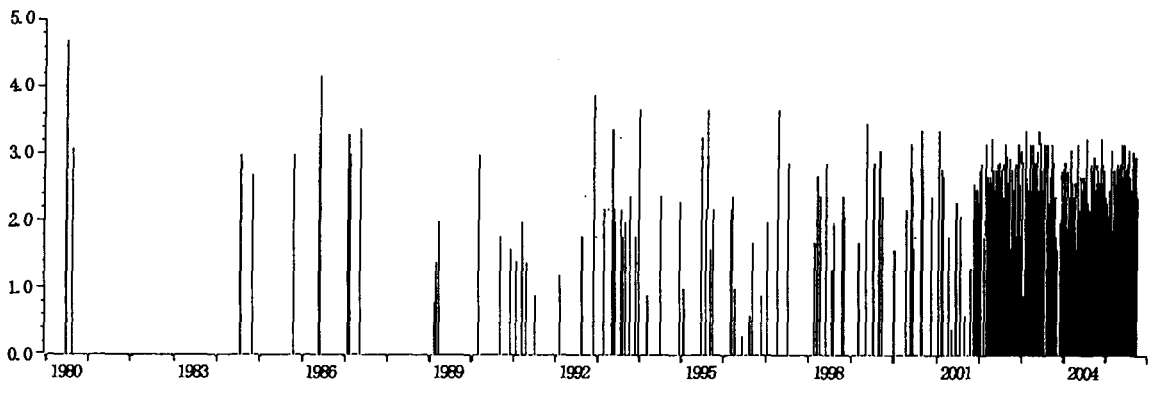


图2 华亭地震异常活动区域 M-t 图

Fig.2 M-t diagram of earthquake activity in Huating region.

该区地震活动增强以来最大的 $M_{1.4} 2.2$ 地震,此次地震县城震感较为强烈。造成华亭煤电股份公司华矿603工作面顶部轻微变形,局部地方小面积塌落,井下3名矿工受伤。

2 华亭的地质构造背景和历史地震活动情况

华亭地区位于鄂尔多斯块体西南缘的六盘山挤出构造带的南部,活动断裂较为发育。经过这个地区的活动断裂有六盘山东麓断裂、固原断裂、陇县一岐山断裂等。但在华亭小震活动区域内历史上没有中强地震发生。

3 华亭地震和华亭煤矿开采的相关分析

(1) 空间上的吻合性。华亭小震活动异常区域和该地区的矿点分布基本吻合(对比图1,图3)。

(2) 时间上的一致性。该区域异常小震活动出现的起始时间是2001年,2001年也正是该地区矿产开采量开始大幅度增加的年份。2001年以来随着该地区矿产开采量大幅增加。地震异常频次也在大幅飙升。

(3) 地震异常量和矿产开采量上的相关性。前面我们在时空上定性分析了地震活动异常和矿产开采的相关性。为进一步定量分析该地区地震活动异常和矿山开采的相关性,我们搜集了1994年以来的该地区煤炭年出产量的资料,同时计算了相应的该地区的地震年频次(表1,图4)。

从表1和图4上看,华亭地区地震年频度和华亭煤矿年产出量不存在确定性的关系。但也可以看

表1 华亭煤矿煤炭产量与华亭地震年频次统计表

年份	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
煤产量/万吨	183.5	213.9	260.6	332.2	359.9	528.0	484.9	680.4	856.06	1 273.12	1 440.0	2 000
地震频次	4	8	9	3	8	10	15	24	130	162	174	226

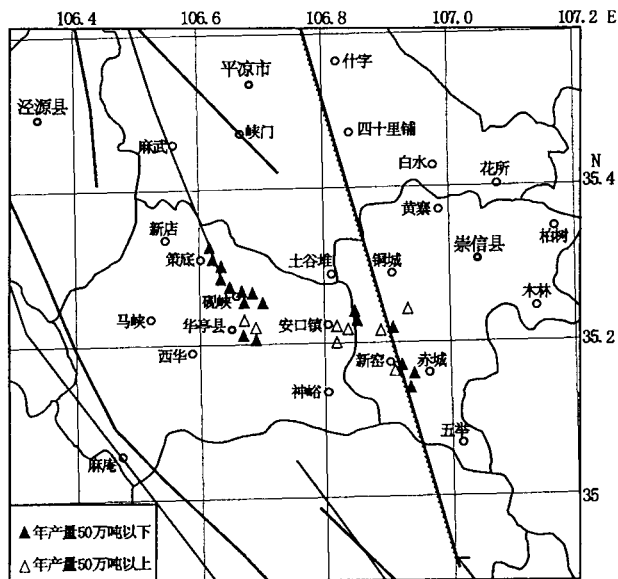


图3 华亭煤矿矿点分布图

Fig. 3 Distribution of coal mine spots in Huating region.

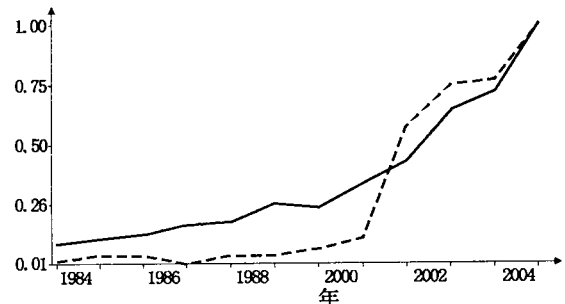


图4 华亭地震异常区地震年频次(虚线)与华亭矿煤炭年产量(实线)归一化曲线

Fig. 4 Normalized curves of yearly earthquake frequency (dotted line) and yearly coal mine yield (solid line) in Huating strengthening earthquake activity region.

出,随着煤矿年产量的增加相应的地震年发生频度也在增加。这就是说它们之间还是可能存在内在联系的。

图5为华亭煤矿年产量与地震年频次的散点图,从图中可以看出,所有的点大致分布在一条直线附近。据此我们可以初步判定两者之间大致存在线性相关关系。进行地震年频次对年矿产开采量的线性回归分析,得到: $a = -35.234$, $b = 0.1386$, $r = 0.9603$ 。

给定显著性水平 0.01,按 $n - 2 = 12$ 的数值在相关系数检查表中查得相应的相关系数临界值为

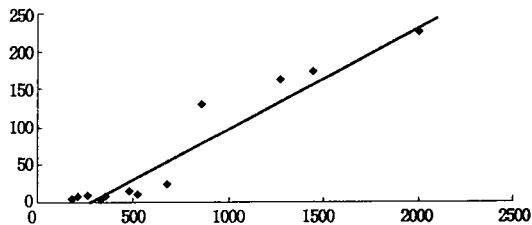


图5 华亭地区地震年频次和华亭矿煤炭年出产量的散点图

Fig. 5 Relationship between yearly earthquake frequency and yearly coal yield in Huating strengthening earthquake activity region.

0.661。计算所得的相关系数值 0.9603,远高于相关系数临界值 0.661。这就是说,相关系数在水平 0.01 下显著,即华亭地区地震活动年频度和华亭煤矿煤炭年开采量之间确实存在线性相关关系,其可信度为 99%。

回归结果表明,近几年来华亭地区的小震活动和该地区的煤炭开采量线性相关,该地区近几年的地震活动增强现象是由华亭煤矿煤炭开采量的加大引起的。

4 中国矿震资料及特征

4.1 我国的矿震概况

为了进一步论证平凉华亭地震确属矿震,我们搜集了我国的矿震的资料。我国的矿震广泛分布于大陆的东部,北起黑龙江,南至广西,呈 NE - SW 方向展布。1933 年最早发生于抚顺胜利煤矿,随着时间的推移,全国范围矿震灾害不断加剧。关于发生矿震矿区的报道,1950 年前全国仅见到 2 个;20 世纪 50 年代增加到 8 个;60 年代 14 个;70 年代 30 个;到目前为止已见到 80 个煤矿、19 个非煤矿的 107 个矿井有发生矿震详略不同的报道,呈现出了矿震灾害与开采深度和资源采出量的同步发展。

4.2 我国矿震的一般特征

矿震与天然地震相比有其自身的特征。

(1) 强度不高。迄今为止,全球见诸报道的最强矿震为前东德 Potash 钾盐矿的 $M_L = 5.6$,煤矿最强矿震为波兰 Belchatow 矿的 $M_L = 4.6$,国内煤矿最高为北票台吉矿的 $M_L = 4.3$,与天然地震相比强度不高。

(2) 分布范围广,发生频繁。矿震几乎遍布中

国大陆东部有采矿的全部地区,并且发生很频繁。抚顺老虎台煤矿1999-2003年平均每年发生 $M_L \geq 0$ 矿震5411次,5年间共发生 $M_L \geq 3.0$ 强矿震63次;北京门头沟矿1980-2000年平均每年发生 $M_L \geq 1.0$ 矿震5218次, $M_L \geq 3.0$ 强矿震60次;陶庄煤矿1976-1999年的24年间也记录到上万次矿震。

(3) 震源浅,烈度大。矿震震源发生在数百米~2000米深度范围, $M_L \geq 3.0$ 矿震即可产生较强烈地震动,据震中烈度 I_0 与震级 M 和震源深度 h (单位:km)的关系式: $M = 0.68I_0 + 1.39 \lg h - 1.4$ 可以计算出如果在1 km、2 km深度发生 $M_L = 4.0$ 矿震,震中烈度将分别达到Ⅷ度和Ⅷ度。

(4) 与人类工程活动和人居环境密切接触。矿震是人类工程活动诱发的,与人类工程活动伴生,而人居和社会财富又以工程活动为中心相对聚集,这就形成了灾害源与人居活动的直接和立体接触。

上述特征决定了虽然矿震强度不高,但造成的人员伤亡、经济损失、工程损伤和社会影响较大,因此成为采矿引发的一大矿山和城市地球物理灾害。

5 结论和建议

通过对平凉市华亭地区的地震活动异常现象和该地区的矿点空间分布与矿产开采的时空定性相关分析,特别是地震年频次和矿产年开采量的定量相关分析,我们基本可以确定该地区的地震活动异常是由煤矿开采引起的。该地区发生的地震属于矿震。对历史矿震资料及矿震特征的研究结果也支持了这一研究结论。根据矿震的特征我们可以进一步推测,随着本地区矿产开采深度和地下采空区容积的增加,矿震发生的可能性还将逐渐增大,矿震发生的频度和强度也会进一步增强,但一般震级不会超过5级。矿震虽然强度不会很大,但由于震源浅,又和工程活动与人居环境密切相关,矿震造成的人员伤亡和经济损失也将会越来越大。为减轻矿震灾害,我们建议:

(1) 开展矿区矿震监测工作

在平凉华亭矿区要求矿产开采单位布设高精度矿震检测台网;地震部门将矿震监测研究列入重要议事日程,尽快研究矿山要求的矿震检测技术;地震部门应主动与矿山企业联合,充分发挥互联网作用,开展远程监测和分析研究工作,降低矿山企业的监测研究成本,提高监测资料的可用性和利用率。

(2) 开展研究治理工作

矿震是地下矿产资源开采引发的地球物理灾害,通过采矿与地球物理学科紧密结合开展研究和治理工作可以避免或者减轻矿震灾害。在矿震监测台网建成以后,可以开展华亭矿震孕育、工程损伤机理和控制技术方面的研究工作,开展华亭矿震时间-空间-强度预测及其对城区危害性评价研究工作,以华亭矿为研究对象,结合开采出现的问题,开展采动力灾害预测及其危害性评价与防治研究工作。

(3) 注意矿区震灾预防和应急救援问题

由于地区经济对矿产资源的依赖性,决定了平凉华亭矿震作工程和人居环境地球物理灾害还要长期存在并有增强的趋势,除从长远目标通过研究和治理力求治本外,还应在当前高度重视震灾预防和应急救援问题。①应对未来可能发生破坏性矿震的影响区域进行震害预测,建立应急救援数据库和辅助决策系统,为应急救援决策提供科学依据。②对上述区域既有建筑物进行调查,抗震能力较弱的应进行抗震加固。③建筑工程在现行抗震设防要求和抗震设计规范中只考虑了强烈地震动的一次性破坏,规定了一定超越概率风险水平下的抗震设防要求,而没有考虑对引起V度左右烈度长期而频繁地震动的较强矿震作用对工程和人居环境的殃及,因此在城区规划、建设中应充分考虑较长期、频繁、中低强度地震动的抗震设防要求问题。

[参考文献]

- [1] 董瑞树,许世杰. 浅谈矿震灾害—以台吉煤矿为例[J]. 灾害学,1990,5(1):65-66.
- [2] 涂汉生. 数理统计[M]. 北京:中国铁道出版社,1982.74-90.
- [2] 张梦涛. 我国冲击地压预测和防治[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2001,21(4):434-435.
- [3] 李嗣均. 减少厚煤层采后地表破损及矿井深部开采技术[J]. 煤矿开采,2001,(2):25-28.
- [4] 任振起. 门头沟矿震与大同-阳高地震的关系[J]. 山西地震,1999,(3-4):35-38.
- [5] 纪玉杰. 北京西山侏罗纪煤田矿震与地质灾害的关系[J]. 北京地质,2002,14(3):11-21.
- [6] 吴淑才,覃子建. 贵州矿山地震活动浅析[J]. 贵州地质,1996,13(3):287-294.
- [7] 员东风,刘听成. 煤矿开采深度现状及发展趋势[J]. 煤,1997,6(6):38-41.
- [8] Knoll p. The fluid-induced tectonic rockburst of March 13, 1989 in the "Werra" Potash mining district of the GDR (first results) [J]. Beitr. Geophys. 1990,(99):239-245.