

牟剑英, 韦峰, 谢夜玉, 等. 南丹大厂矿区人工爆破与天然地震的判定研究[J]. 华南地震, 2015, 35(1): 51-56. [MOU Jianying, WEI Feng, XIE Yeyu, et al. Waveform Distinction Between Natural Earthquake and Artificial Blasting of Dachang Mining Area in Nandan[J]. South china journal of seismology, 2015, 35(1): 51-56.]

南丹大厂矿区人工爆破与天然地震的判定研究

牟剑英¹, 韦峰², 谢夜玉¹, 龙政强¹

(1. 广西壮族自治区地震局, 南宁 530022; 2. 广西华锡股份有限公司铜坑矿, 广西 南丹 547207)

摘要: 利用南丹大厂矿区地震监测台网的数字波形记录资料, 采用波形对比方法, 分析大厂矿区人工爆破与天然地震波形特征。分析结果表明, 爆破与地震在P波平均周期具有不同的特征, 可为今后区分该大厂矿区爆破与天然地震提供判定判据。

关键词: 人工爆破; 天然地震; 波形特征

中图分类号: P315.8

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2015) 01-0051-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.01.008

Waveform Distinction Between Natural Earthquake and Artificial Blasting of Dachang Mining Area in Nandan

MOU Jianying¹, WEI Feng², XIE Yeyu¹, LONG Zhengqiang¹

(1. *Earthquake Administration of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530022, China;*

2. *Guangxi China Tin Co., Ltd. copper mine pi, Nandan 547027, China*)

Abstract: By using comparison method of waveform, with digital waveform recordings of seismic monitoring network of the Dachang mining area in Nandan, the paper analyzes the characteristics of waveform of its artificial blasting and natural seismic. The results show that that the blasting and the earthquake has different characteristics in some aspects, such as symbol distribution of P-wave first moving, the average period of the P-wave and so on, to distinguish with accurate criterion between the region bursting and natural earthquakes.

Keywords: Artificial blasting; Natural earthquake; Waveform Characteristics

0 引言

广西河池市南丹大厂矿区是世界著名的有色金属生产基地, 以锡为主, 锑、钨、铅、锌共生

的特大型矿床, 储量大、品位高, 经济价值巨大。该矿山自宋代以来就已地下开采, 历史悠久^[1]。矿区矿产的开采, 往往使用爆破的方法将矿石破碎, 因此, 该区矿山爆破活动较为频繁。有些爆破波

收稿日期: 2014-01-10

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划课题(编号: 桂科攻 1140004-3)资助; 地震科技星火计划课题(编号: XH142003Y)资助

作者简介: 牟剑英 (1986-), 女, 工程师, 主要从事地震监测和数字地震学方面研究.

E-mail: moussxf@163.com.

会产生较强的 S 波^[8]。根据两者的 P 波和 S 波发育情况对比分析发现, 大厂矿区的爆破 P 波极为发育, 各台站波形呈头大尾小的纺锤形状, S 波基本无法区分, 这主要是因为爆破的能量释放极快, 爆破地点离记录台站近而造成的, 如图 2。而该地区大部分天然地震波形则表现为 P 波段振幅小, S

波段振幅极大, P 波和 S 波分段性极好, 易于识别, 如图 3。
但事实上, 该矿区部分天然地震波形特征也存在 P 波发育, S 波基本不发育, 外观上极易混淆成爆破事件, 如图 4。因此不能单纯从震相特征上去判定。

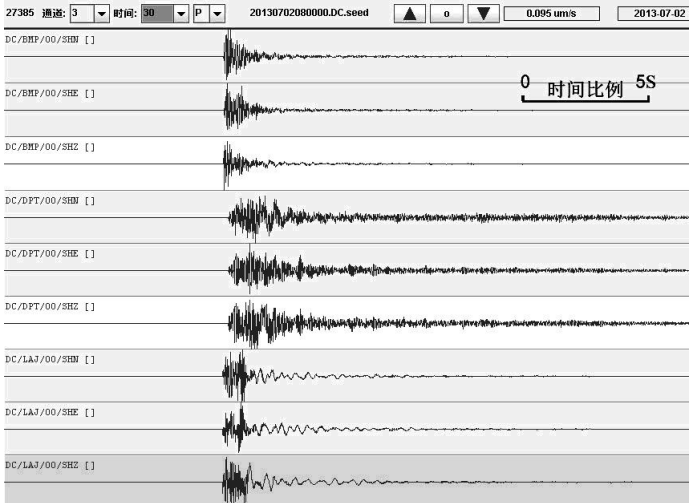


图 2 大厂矿区 2013 年 7 月 2 日爆破波形
Fig.2 The waveform of blastings recorded in Dachang mining area in July 2nd, 2013

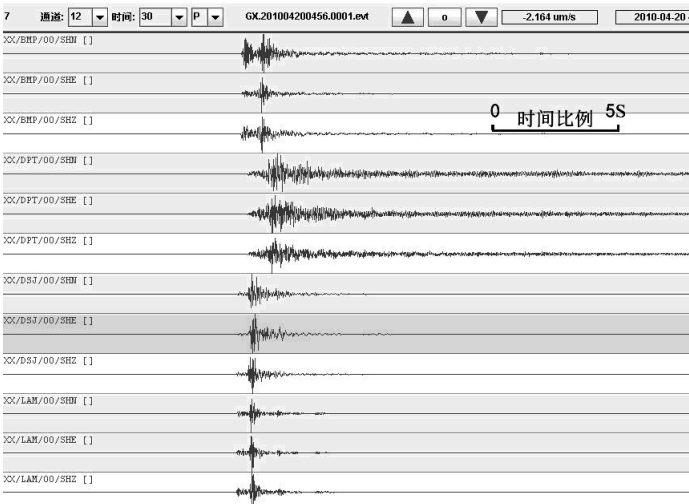


图 3 大厂矿区 2010 年 4 月 20 日地震波形
Fig.3 The waveform of earthquakes recorded in Dachang mining area in April 20th, 2010

2.2 P 波周期特征

地震波的周期也是地震波的动力学特性之一, 地震波的动力学特性的变化一定程度上依赖于地震的震源机制和介质的结构与性质等许多因素。从介质的结构及传播路径来看, 天然地震震源较深, 且地震波成分复杂, 衰减慢, 波及面大。爆破瞬间发生, 震源浅, 经过松散地层, 结构路径介质差异较大, 波的高频成分被吸收较多, 地层

对爆破产生的波的衰减是一种低通滤波作用, 与地震波相比 P 波的周期比较大, 衰减快, 且面波较发育^[9]。对比同一位置不同爆破当量和不同位置相近当量的爆破波形, 发现波形的 P 波周期与震级大小关系不大, 主要与爆破方式有关(表 1)。
天然地震平均周期范围在 0.02~0.04 s, 优势平均周期为 0.03 s, 爆破的 P 波平均周期范围在 0.04~0.08 s, 优势平均周期在 0.06 s (表 2)。据

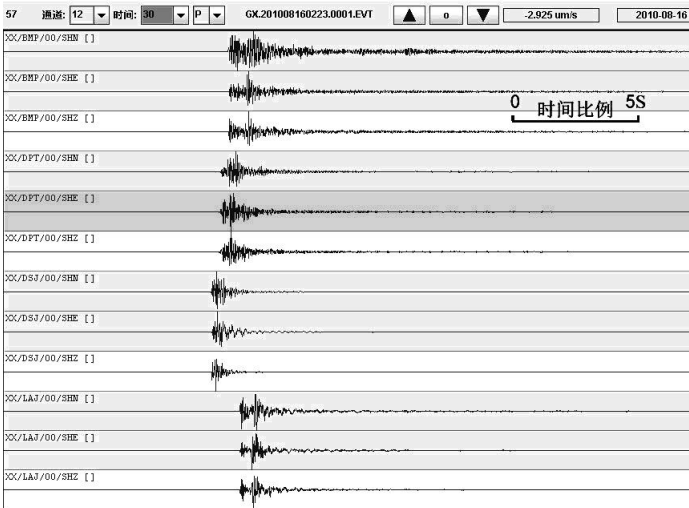


图 4 大厂矿区 2010 年 8 月 16 日地震波形

Fig.4 The waveform of earthquakes recorded in Dachang mining area in August 16th, 2010

表 1 大厂矿区爆破、地震 P 波平均周期

Table 1 The average period of P-wave of natural earthquake and artificial blasting in Dachang mining area							
序号	发震日期	时间	事件类型	药量/kg	震级/ M_L	地点	P 波平均周期
1	2010-02-04	15:35	爆破	1 750		矿柱群 B 区	0.052
2	2010-10-17	16:06	爆破	48 000		矿柱群 B 区	0.054
3	2010-02-13	15:32	爆破	1 750		T214 点	0.046
4							
5	2010-12-23	16:30	爆破	600		202# 线柱	0.093
6	2011-01-09	15:35	爆破	700		202# 线柱	0.086
7	2010-06-13	09:31	地震		0.8	大厂高峰街	0.028
8	2010-08-16	02:23	地震		1.0	铜坑附近	0.031
9	2010-10-14	00:27	地震		1.0	大厂大田湾	0.037
10	2011-01-24	12:32	地震		1.1	大厂高峰街	0.028

表 2 大厂矿区爆破、地震 P 波平均周期特征分析结果

Table 2 The analysis results of the average period of P-wave of natural earthquake and artificial blasting in Dachang mining area			
事件类型	个数	P 波平均周期/s 范围	优势平均周期/ s
地震	10	0.02~0.04	0.03
爆破	25	0.04~0.08	0.06

此，通过P 波平均周期的分析对比，可很好区分矿区爆破事件和人工爆破。

2.3 P 波垂直向初动方向符号分布特征

由于爆破是膨胀源，产生的压缩波无象限分布，通常情况下，P 波初动方向都是向上，地震则是岩石的破裂或错动，产生压缩波和膨胀波，有象限分布^[10]。在各向同性介质中，点源爆破的振幅与方位无关，且只有压缩初动，而地震的振幅和极性均会随方位变化^[11]。本文所研究区域范围小，台站密度高，区域的震动事件的在 P 波初动方向较为清楚，特别是在震级 M_L 0.5 级以上，在研究的295 个爆破和地震事件中，初动方向清楚的台站

占 96%。在 263 次爆破事件中记录到 P 波垂直向初动向上的台站除 YQD 台外均超过 60%。从某种程度上说，大厂矿区爆破 P 波垂直初动方向符号整体还是趋于向上的，特别是 TJC、LAJ、BMP 台站，初动向上占初动清晰比例分别为81.7%、77.9%和 77.1%。在 32 次天然地震中记录到的 P 波垂直向初动向下的台站除 DSJ 台为 72%最低外，其他台站均超过 80%，全部向下的台站就有 BMP、YLP 和 YQD 台，见表 3。

理论上爆破事件 P 波垂直向应是向上的，但由于大厂矿区地下竖井和坑道纵横交错，存在大面积的采空区，加之不同的爆破方式，使得波形

更为复杂。现在爆破类型除一次性爆破，还有微差爆破。矿区内爆破 P 波垂直向初动全部向上的事件有 74 个，占 28%，全部向下 3 个，占 1%，相异的 130 个，占 71%。而在 32 次地震事件中，全部向下的事件 22 个，向下比例超过 60%就有 91%，见表 4。在 32 次地震事件中，全部向下的台站就有 BMP、YLP 和 YQD，该矿区天然地震 P 波垂直向初动整体向下，见表 5。

表 3 大厂矿区各台站 P 波垂直向初动方向特征

爆破 P 波初动情况台站数						天然地震 P 波初动情况台站数				
台站	+	-	不清楚	无记录	向上占清晰比例/%	+	-	不清楚	无记录	向下占清晰比例/%
BMP	192	57	8	6	77.1	0	29	1	2	100
TJC	147	33	7	76	81.7	2	27		3	93.1
YLP	94	74	5	90	60	0	27	3	2	100
YQD	53	42	6	34,128	55.8	0	10	1	21	100
DSJ	173	52	13	25	76.9	7	18	3	4	72
LAM	120	34	9	100	77.9	5	23	0	4	82.1
LAJ	111	66	3	34,49	62.7	2	17	0	13	89.5
DPT	123	56	7	77	68.7	3	14	6	9	82.4

注：“+”代表初动向上，“-”代表初动向下。YQD、LAJ 台于 2010 年 5 月运行，2010 年 1 月至 4 月期间无记录，为不影响分析对比，无记录期间不计入计算，YQD 台 128 个，LAJ 台 49 个。

表 4 大厂矿区人工爆破 P 波垂直向初动情况

P 波初动全部为上的 个数及比例	P 波初动向上比例超过 60%的个数及比例	P 波初动向上比例 小于 60%的个数及比例	全部为下比例的 个数及比例
74 个,占 28%	130 个,占 50%	56 个,占 21%	3 个,占 1%

表 5 大厂矿区天然地震 P 波垂直向初动情况

P 波初动全部为上的 个数及比例	P 波初动向上比例超过 60%的个数及比例	P 波初动向上比例 小于 60%的个数及比例	全部为下比例的 个数及比例
22 个,占 69%	7 个,占 22%	3 个,占 9%	无

在对比同一地方爆破波形后发现，若两个事件的爆破位置水平坐标和垂直坐标都一样的话，两者的初动方向基本一致，若两个事件的爆破位置在水平上坐标相同而在垂直坐标不同，两者的初动方向就有所差异(表 6)。

综合分析矿区爆破及地震 P 波垂直向初动方向符号特征，认为 P 波的初动方向不能作为区分爆破和地震的重要判据，但可在多种波形特征综合分析的基础上辅以判断，如根据 P 波、S 波发育情况及发震时间，加上对各台站所记录的 P 波垂直向初动方向统计的一致性比例，作为区分事件类型的重要参考依据。

表 6 大厂矿区爆破事件不同地点 P 波初动特征对比

爆破时间	爆破药量 /m	地点	高程/m	初动方向							
				BMP	TJC	YLP	YQD	DSJ	LAM	LAJ	DPT
2010-01-08 15:36	1 200	92# 矿柱群	386	-1	1	-1		1	1		1
2010-01-11 15:32	1 250	92# 矿柱群	386	-1	1	-1		1	1		1
2010-03-24 16:10	4 000	92# 矿柱群	405	1	1	1		1	1		1
2010-04-06 15:34	3 000	92# 矿柱群	405	1	1	1		1	1		1
2010-10-15 15:54	1 400	M2	505	1	1	1	1	1	1	1	1
2010-11-15 15:51	700	M2	505	-1	1	-1		1	1	1	1
2010-12-15 15:31	1 300	M2	505	-1	1	-1		1	1	1	
2010-09-24 15:40	1 000	M2	505	-1	1	-1		1	1	1	1

2.4 发震时间规律分布

大厂矿区主要有几家大型采矿企业,一般开采爆破时间安排在下午 15 时至 17 时进行。我们将矿主给的大厂 2010 年以来所记录到的 600 余次爆破事件按小时段时间进行统计,结果表明,15 时至 17 时三小时内的事件频次占总次数的 67%,而地震事件则没有明显的时间规律,又由于爆破时段不定,也不排除有半夜偷矿放炮的可能,因此发震时间也不能作为区分爆破和地震的绝对判据,只能做辅助依据。

3 可疑事件待进一步研究

大厂矿区除爆破或地震事件外,还经常记录到一些可疑事件。这些可疑事件与本地区以往的爆破和地震波形记录存在明显差异,因此对这些事件的判定较为困难。本文截取了 10 次可疑事件进行分析。这些可疑事件存在以下特征:① P 波、S 波都不发育,呈正弦面波组;② 事件波组单调,周期均匀,均在 0.28s 左右;③ 初动没有一个台清晰;④ 发震时间全天候都有,早上 4、5 点和晚上 10 点、11 点居多。对此,曾怀疑过是否为该矿区的塌陷或陷落事件,但根据波形的特征和时间持续特点分析,无后续尾波,不符合塌陷和陷落特点。是否为矿区外震动事件以及事件类型都需进一步研究探讨。

4 结论

通过以上对大厂矿区爆破和地震的波形特征分析对比,可以得出以下结论。

(1) 人工爆破 P 波较天然地震发育,在一定震中距呈头大尾小的纺锤形状;因天然地震部分波形也存在头大尾小特征,因此不能单从 P 波和 S 波发育情况来作为两者识别的判据。

(2) P 波平均周期能很好区分该区域爆破事件和天然地震,爆破的 P 波平均周期较地震大,爆破当量的增大对 P 波周期影响不大。

(3) 波形记录 P 波的初动方向均较清晰,但因矿区环境复杂,竖井、坑道、采空区纵横交错,爆破事件 P 波初动方向大部分存在相异现象,但总体偏于向上;天然地震 P 波初动方向总体偏于向下,有些事件更具有向下的一致性。因此, P 波垂直向初动从综合判断事件类型可作为辅助判断依据,但不能作为识别判定的决定依据^[12]。

(4) 根据企业爆破作业时间规律,可辅助作为区分爆破和地震的依据。

总之,大厂矿区记录波形事件类型难以单从 P 波初动符号、震相发育特征或发震时间来识别,但可从事件 P 波平均周期来判定识别。

参考文献:

- [1] 战明国. 广西南丹大厂矿区深部开采的安全对策探讨[J]. 安全生产与监督, 2009 (6): 7-9.
- [2] 张萍, 蒋秀琴, 苗春兰, 等. 爆破、矿震与地震的波谱差异[J]. 地震地磁观测与研究, 2005, 26 (3): 24-34.
- [3] 郑秀芬, 傅瑜, 许绍燮. 地震记录中小爆破的识别与判据研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2006, 27 (5): 29-33.
- [4] 黄汉明, 边银菊, 卢世军, 等. 天然地震与人工爆破的波形小波特征研究[J]. 地震学报, 2010, 32 (3): 270, 2.
- [5] 杨选辉, 沈萍, 刘希强, 等. 地震与核爆识别的小波包分量比方法[J]. 地球物理学报, 2005, 48 (1): 148-156.
- [6] 潘常周, 靳平, 王红春. P/S 震相幅值比判据对低震级地震事件的适用性检验[J]. 地震学报, 2007, 29 (5): 521-528.
- [7] 杨松文, 姚宏, 陈鑫, 等. 广西大厂矿区地震台网技术系统设计[J]. 华南地震, 2010, 30 (2): 97-106.
- [8] 杨成荣, 王桂岭, 敖雪明. 乌鲁木齐附近地区小爆破识别判据的研究[J]. 内陆地震, 2001, 15 (1): 30-38.
- [9] 唐兰兰, 王海涛, 爆破与地震的波谱特征分析[J]. 内陆地震, 2009, 23 (3): 377-385.
- [10] 黄汉明, 王碧泉. 样品平面映射方法及典型样品研究[J]. 地震学报, 1993, 15 (增刊): 654-658.
- [11] 彼得·鲍曼. 新地震观测实践手册[M]. 北京: 地震出版社, 2006: 462-470.
- [12] 张帆, 朱新运, 熊丹, 等. 基于非线性时频分析的地震和爆破识别[J]. 华南地震, 2014, 34 (2): 56-63.