

郭培兰, 何嘉幸, 陈鑫, 等. 广西地震台网数字记录爆破事件典型特征分析[J]. 华南地震, 2015, 35 (1): 30-36. [GUO Peilan, HE Jiaying, CHEN Xin, et al. Typical Characteristics of Blasting Events Recorded by Guangxi Seismological Network[J]. South china journal of seismology, 2015, 35(1): 30-36.]

广西地震台网数字记录爆破事件典型特征分析

郭培兰, 何嘉幸, 陈鑫, 陈保成

(广西壮族自治区地震局, 南宁 530022)

摘要: 分析了2008—2012年广西地震台网数字记录爆破事件数字记录波形典型特征, 结果表明: 广西地区爆破的时间分布具有明显规律性, 优势分布在中午与下午, 晚上基本上不进行爆破作业, 爆破地点固定。广西地震台网记录到的爆破发生在龙滩水库、扶绥昌平、南宁双定的采石场, 龙滩水库的爆破震级分布主要在 M_L 0.0~0.9, 扶绥昌平、南宁双定的爆破震级分布主要在 M_L 1.0~2.3之间, 强度较低。广西地区爆破产生的P波方向呈四象限向上分布, 爆破持续时间短、衰减快, S波周期较大且发育好, 与天然地震波形存在明显的区别。正确识别爆破事件, 对判断地震和爆破信号具有参考价值。

关键词: 爆破; 地震; 特征分析; P波; S波

中图分类号: P315.61

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2015) 01-0030-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.01.005

Typical Characteristics of Blasting Events Recorded by Guangxi Seismological Network

GUO Peilan, HE Jiaying, CHEN Xin, CHEN Baocheng

(Earthquake Administration of the Guangxi Autonomous Region, Nanning 530022, China)

Abstract: The paper analyses the typical characteristics of blasting events recorded by Guangxi seismological network during 2008 and 2012. The results show that the temporal distribution of blasting in Guangxi region have obvious regularity, which mainly occur after the duty on noonday and afternoon in fixed place, and hardly ever occur in night. Blasting events recorded by Guangxi seismological network mainly occur in Longtan reservoir, Fushui-changping, Nanning-shuangding. Magnitude of blasting in Longtan reservoir are mainly ranged from 0.0 to 0.9 (M_L , below identical), magnitude of blasting in Fushui-changping, Nanning-shuangding are mainly ranged from 1.0 to 2.3. Direction of P wave generated by blasting with short duration and fast attenuation in Guangxi region is upward distribution with four quadrants. Period of S wave with good development is larger, which is obviously different from natural seismic waveform. Correct identification of blasting events can provide some reference for the judgement of earthquakes and explosions signal.

Keywords: Blast earthquake; Characteristic analysis; P-wave; S-wave

收稿日期: 2014-11-15

基金项目: 广西壮族自治区地震局三结合课题(GXJ2012001)

作者简介: 郭培兰 (1974-), 女, 高级工程师, 主要从事地震编目及地震活动性分析工作。

E-mail: gxgpl@126.com.

0 引言

对爆破事件、天然地震波形的识别,国内外已进行了比较充分的研究,杨选辉等^[1]将小波变换理论用于乌鲁木齐台记录的地震与核爆事件的分析,并提出了识别核爆和天然地震的小波包分量比判据。杨桂芬^[2]通过对大震前后P波、S波最大振幅比值分布和S波偏振角空间分布研究,确定了澜沧、耿马两地区介质差异的分界面。包翠玲^[3]选取乌鲁木齐遥测地震台记录的部分天然地震与新疆工业化爆破项目中的部分爆破资料,通过波形振幅比 A_s/A_p 以及记录在P波垂直向的初动符号的对比,总结出了识别爆破与地震的依据。包淑娴^[4]从反射波、面波、瑞利波等不同的角度,从波形上分析了人工爆破和天然地震的区别。在广西地区已开展了部分研究工作,本文对广西地震台网数字记录爆破事件典型特征进行分析、归纳总结。

广西数字地震台网2007年6月开始运行,2007年10月通过验收。2008年又与柳州市台网、南宁市台网进行了联网,全区监控能力有了大幅度提高,南宁市周围地震监测能力达到1.5^[5],龙滩水库地震监测能力达到0.5^①。因此台网每天记录到的许多触发事件中的相当一部分不是地震事件,而是爆破事件,需要加以排除。在地震编目工作中,经过实地调查,编目人员已经发现了三个爆破点,分别为龙滩水库、扶绥昌平、南宁双定,是否所有发生在爆破点的事件均是爆破事件,有没有地震事件?两者如何区分?是我们需要解决的问题。找出正确识别爆破的波形特征,一是可以用于日常的地震编目工作中,为地震编目工作者提供参考资料;二是为地震活动性分析提供正确的地震目录,正确的地震目录能让分析预报工作者了解当前的地震活动水平、增强还是平静,对未来的地震趋势判断工作具有极其重要的作用;三是同时正确识别地震还是爆破,有利于开展地震应急工作。

1 基本原理及研究方法

爆破的记录特征取决于爆破源的性质、爆破源处的介质条件和波的传播路径、介质条件以及

记录仪器特性,所以在识别爆破时,必须紧密结合以上几个要素。爆破是瞬时发生的,在爆破点最近处的岩石产生汽化,稍远便是熔化,其次是形变区,再往外到达弹性区,因此相当于在弹性区开始的包围爆破源的球面上作用着一个强大的瞬时压力脉冲,人工爆破为膨胀源。爆破一般发生在地表浅层、周围介质比较松散、钢性强度较低;从传播路径上来看,爆破源发生在地表,在传播过程中,有比较长的路径在浅层(较为松散的土层),因而能量损失较大,高频成份衰减较快、被吸收得多。天然地震产生在应力集中区,当应力超过介质弹性限度时,岩石破裂,岩层错动,而岩层错动有一个过程,一般为几秒至十几秒。天然地震一般发生在地表以下并有一定深度,多在花岗岩层和玄武岩层,周围的介质密度高,钢性强度一般大于爆破源附近介质^[6]。

爆破记录特征主要有如下特点^[7-8]:一是爆破产生的初动方向一般向上,库区地震产生的初动方向呈四象限分布。二是爆破持续时间短、衰减快,地震波形持续时间较长、衰减慢。三是爆破瑞利面波出现且发育较好。四是爆破波周期变化不大,其横波与纵波的振幅比较小。五是爆破的发生时间、空间有较强的规律性。

根据爆破的成因机理及记录特征,分析广西地震台网数字记录爆破事件在震相图上的特征、纵波初动方向、波形持续时间、S波及P波振幅比、爆破时间空间强度方面的特征是否具有以上典型特征。

2 爆破资料的选取

选取2005年12月至2010年2月龙滩水库典型爆破事件的波形进行分析,共计212次,经过调查分析,龙滩水库(广西天峨县城以西10 km)爆破地点主要有龙滩水电站的两处采石场,分别距仁顶台站及甲龙台站较近。根据广西地震监控能力,选取2008—2012年广西扶绥县昌平镇水泥厂、南宁市双定镇水泥厂附近的采石场爆破事件分别为44次、44次,分析爆破在时间空间强度方面的特征及波形特征,图1是3个爆破点位置图。

① 龙安明,姚宏,陈鑫,等.龙滩水电站水库诱发地震监测预测系统设计报告,广西地震局,2003.

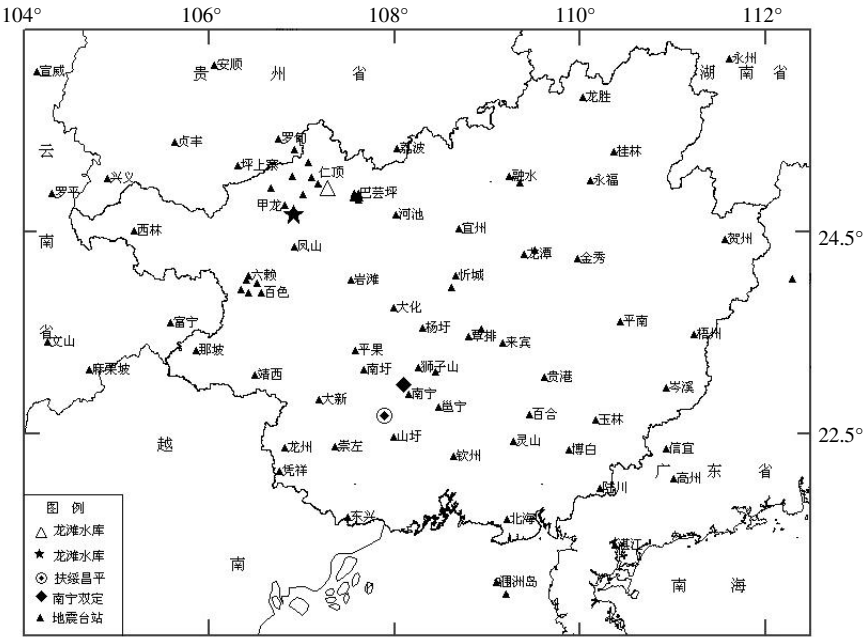


图 1 3 个爆破点震中分布图

Fig.1 The distribution map of epicenter of each blasting place

3 广西地震台网数字记录爆破时空强分布特征

3.1 爆破的时间特征

龙滩水库爆破时间与广西大厂矿区爆破一样，全部发生在白天^[9]，爆破时间主要集中在白天 11 时至 13 时及 17 时至 18 时，在时间段 00 时至 5

时及 20 时至 24 时几乎无爆破事件发生，爆破发生的时间有较强的规律性(图 2)。扶绥昌平爆破时间主要集中在白天 12 时及 20 时，优势分布时间为 15 时至 16 时，21 时至 12 时无爆破发生(图 3)。南宁双定爆破时间主要集中在白天 12 时及 20 时，优势分布时间为 12 时至 13 时及 15 时至 16 时，20 时至 12 时无爆破发生(图 4)，广西地震台网数字记录爆破的发生时间较定时。

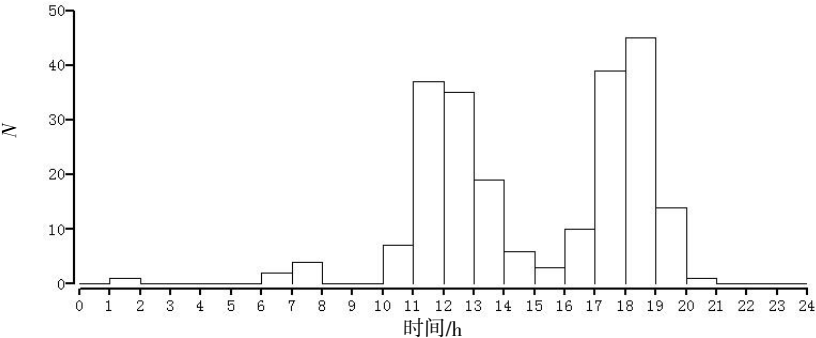


图 2 龙滩水库爆破按小时统计频次图

Fig.2 The frequency chart of blasting hourly counted in Longtan reservoir area

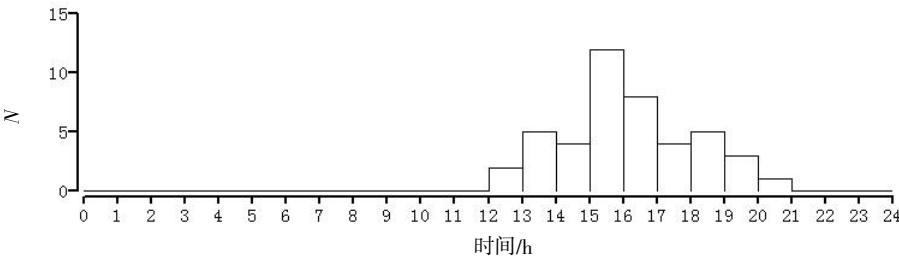


图 3 扶绥昌平爆破按小时统计频次图

Fig.3 The frequency chart of blasting hourly counted in Changping town of Fusui coantry

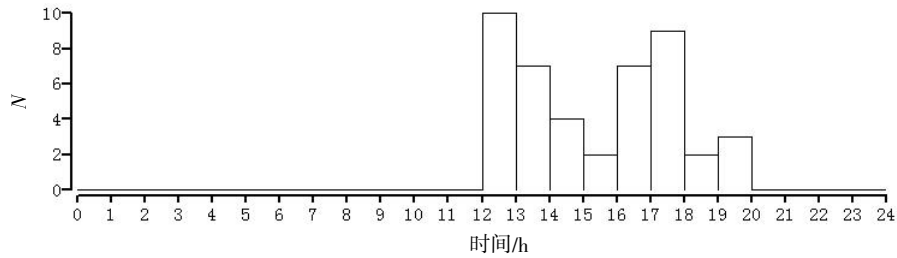


图 4 南宁双定爆破按小时统计频次图

Fig.4 The frequency chart of blasting hourly counted in Shuangding town of Nanning city

3.2 爆破的空间特征

广西地震台网数字记录爆破事件位置固定。根据龙滩数字遥测地震台网地震观测报告，龙滩水库的爆破，发生在龙滩水电站的两处采石场，分别距仁顶台站及甲龙台站较近，仁顶台站附近的爆破，能被至少 5 个以上台站记录到，由于定位精度不够，爆破位置有所分散，甲龙台站较近的爆破，只有甲龙台站记录。根据广西地震观测报告，爆破主要发生在扶绥昌平、南宁双定的水泥厂采石场，爆破地点比较固定，能被多台记录。

3.3 爆破的震级分布特征

龙滩水库、扶绥昌平、南宁双定的爆破震级均小于 2.5 级以下(图 5)，属于小当量爆破事件。龙滩水库爆破震级主要分布在 0.0~0.9，占 65.1%，扶绥昌平、南宁双定爆破点 2.0 级以上的爆破较少，主要分布在 1.0~1.9，分别占 63.6%、68.2%。

龙滩水库 2007 年 6 月后，爆破震级基本上小于 1.0 级，爆破震级逐年下降，强度降低，表 1 是不同震级档爆破频次表。

4 数字记录爆破事件波形特征分析

4.1 龙滩水库爆破波形急促

龙滩水库台网子台甲龙台记录到的爆破波形易于识别，与全国各地的爆破波形特征基本一致^[10]，主要有如下特征：爆破在震相图上成组出现，爆破产生的纵波方向一般向上，爆破持续时间短、衰减快，瑞利面波出现且发育较好。每次爆破之间的间隔时间较短而且间隔时间相等或接近，整体上看，即可确定是爆破，而且各震相急促短暂清晰明了，衰减快，持续时间约 1 s 左右，如甲龙台 2006 年 1 月 10 日记录到的一组爆破(图 6)，各爆破之间的间隔时间约 6 s 左右，爆破点离甲龙台

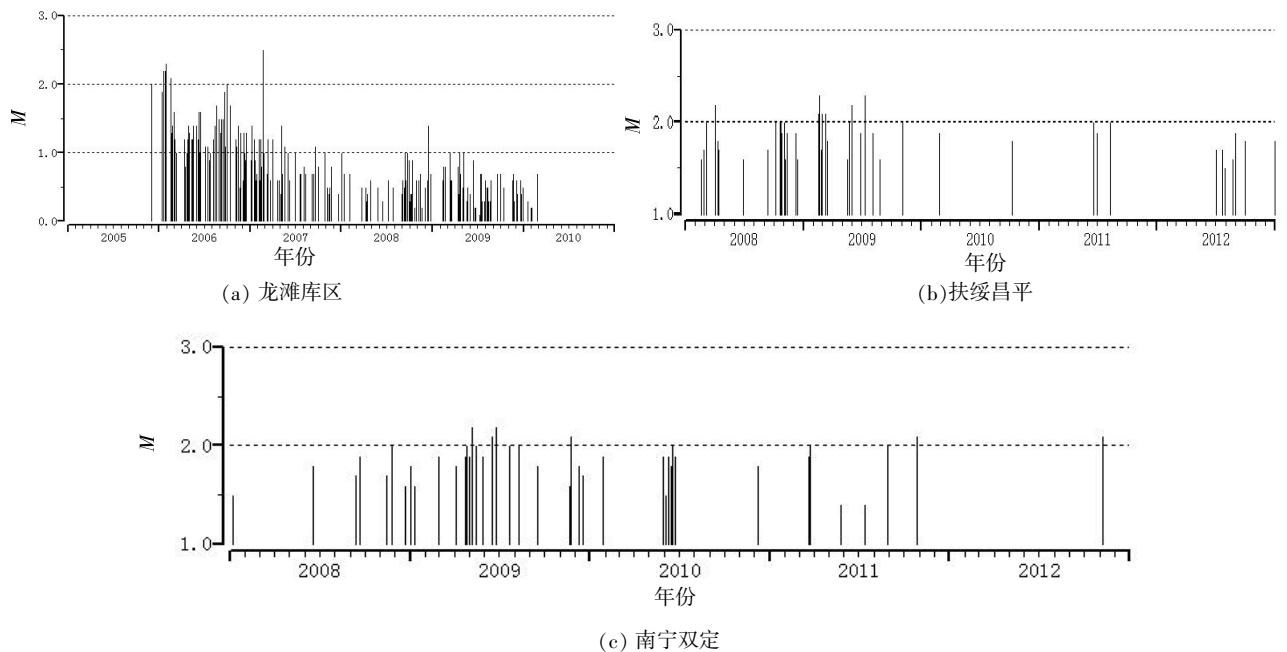


图 5 爆破 M-T 图

Fig.5 M-T chart of blasting

表 1 不同震级档爆破频次表

Table 1 The frequency table of blasting with different earthquake magnitud

地点	频次			最大震级
	0.0~0.9	1.0~1.9	2.0~2.9	
龙滩水库	138	67	7	2.5
扶绥昌平		28	16	2.3
南宁双定		30	14	2.2

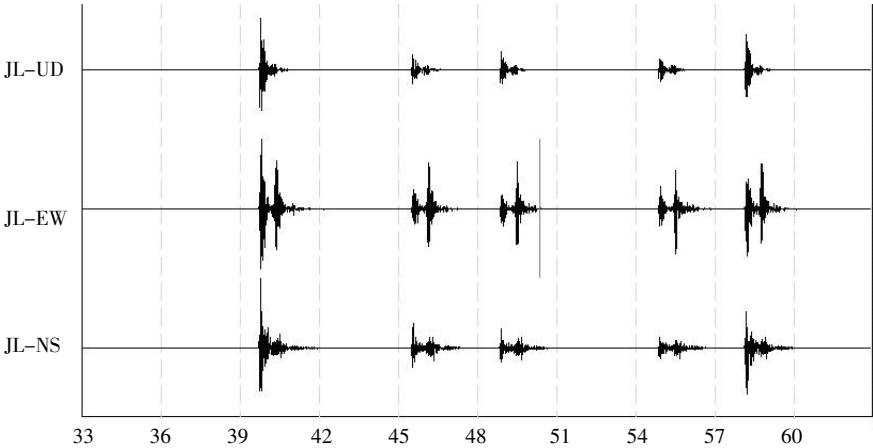


图 6 甲龙台 2006 年 1 月 10 日记录到的一组爆破

Fig.6 A group of blasting recorded by Jialong station in January 10th, 2006

很近，约 2 km，是临时作业，这组爆破容易识别。

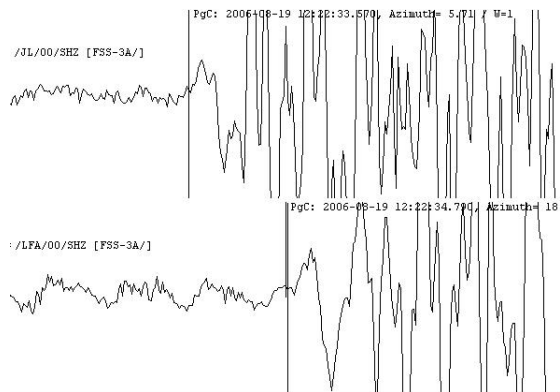
4.2 P 波初动方向向上

爆破是瞬间发生的，爆炸力向四周扩张产生的纵波为压缩波，初动方向均向上，纵波特别发育，爆破源深度较浅，一般为零到几十米。分别对龙滩水库、扶绥昌平、南宁双定的爆破 P 波初动进行了统计，龙滩水库各子台记录清晰的 P 波初动方向全部向上，未发现初动向下的例子。扶绥昌平爆破记录的台站主要有崇左台、大新台、平果台、大化台、南宁台，崇左台、大化台、平

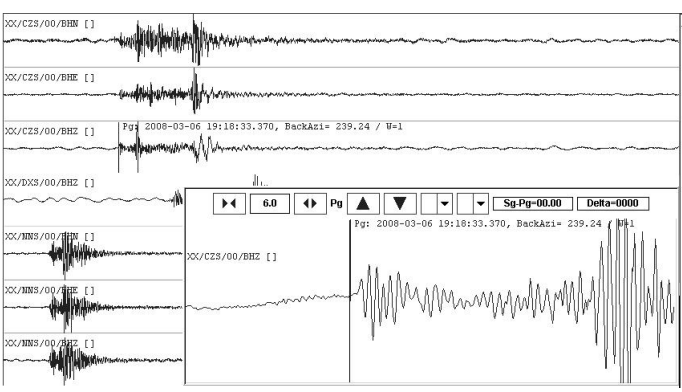
果台初动向上，其余各台初动不清。南宁双定爆破记录的台站主要有南宁台、太平台、山圩台、覃排台，南宁台、太平台、山圩台初动清晰，初动均向上，其余台站初动不清晰。图 7 (a) 是 2006 年 8 月 19 日 12 时 22 分龙滩水库 1.7 级爆破的甲龙台、天峨台初动向上，图 7 (b) 是 2008 年 3 月 6 日 19 时 18 分扶绥昌平 2.0 级爆破崇左台、南宁台初动向上。

4.3 S 波周期较大

从爆破源特征和传播路径上来看，爆破源发



(a) 甲龙台、天峨台



(b) 南宁台、崇左台

图 7 爆破 P 波初动

Fig.7 First motion diagram of P wave recorded by stations

生在地表,在其传播过程中,有比较长的路程在较为松散的地表浅层,高频成分被吸收得多,能量损失大,持续时间较短,其衰减速度很快。因此表现在波形上的特征为:爆破源产生的波周期比地震波周期大,整个周期看起来比较单调,衰减较快,高频成分较少,P波和S波振动类似正弦波,且往往形成振幅与周期均变化很小的波列。

如甲龙台 2005 年 12 月 31 日记录到的龙滩水库爆破 S 波周期较大(图 8a)、崇左台 2012 年 7 月 3 日 15 时 28 分记录到的扶绥昌平爆破 S 波周期较大(图 8b)、南圩台 2009 年 4 月 4 日 16 时 48 分记录的南宁双定 1.8 级爆破 S 波周期较大(图 8c)、覃排台 2009 年 9 月 17 日 13 时 16 分记录的南宁双定 1.8 级爆破(图 8d)。

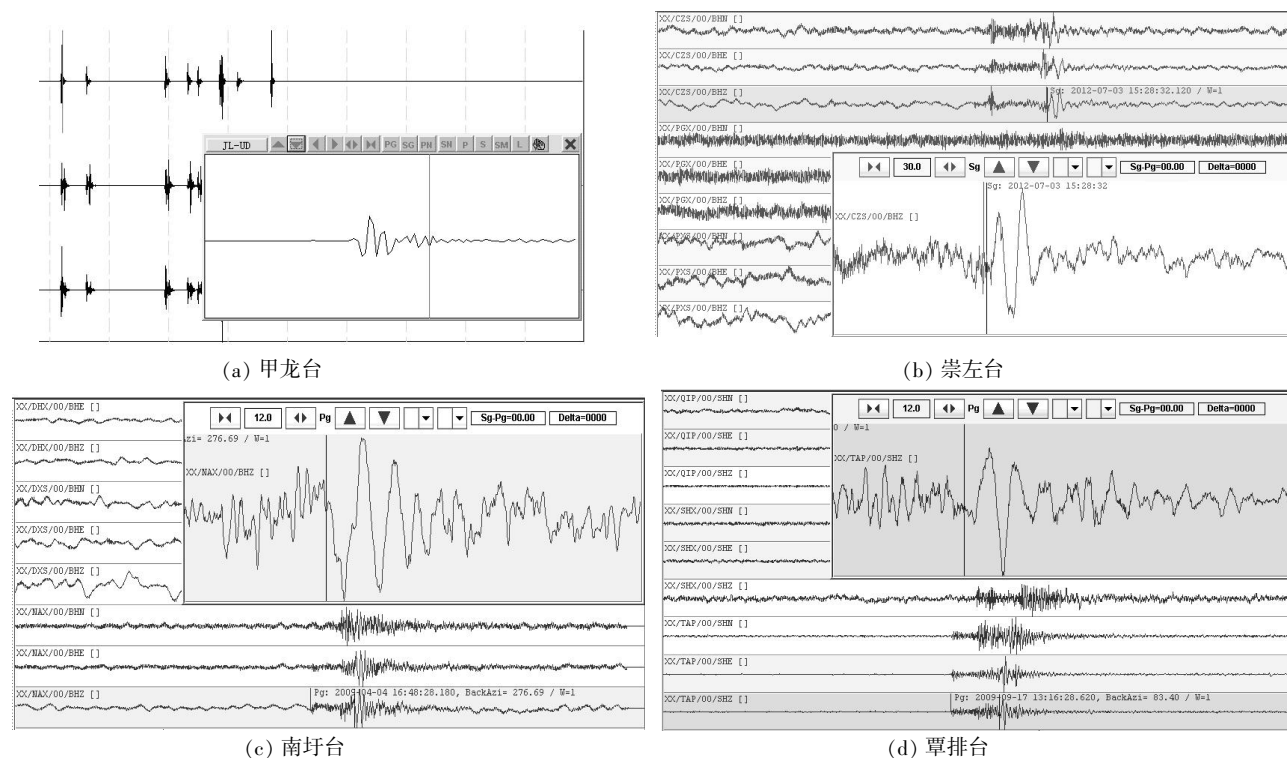


图 8 爆破 S 波周期

Fig.8 Seismic phase diagram of S wave recored by stations

4.4 爆破与地震的振幅比值 A_s/A_p 特征

作为地震波动力学特征之一的地震波振幅比,量取方便,误差小,可靠,直观,是我们了解介质变化状况的有效手段之一。振幅比不取决于地震波振幅的绝对值,基本上与震级无关,当区域台网地震仪的频率特性在短周期区间较为平坦时,振幅比与地震仪的放大倍数和频率特性的关系甚小,因而研究方法较为简便。选取广西地区爆破、塌陷地震、构造地震的数字地震仪所记录的速度波形(未仿真),量取每次记录波形的垂直方向直达 P 波和 S 波最大振幅 A_p 、 A_s , 计算振幅比值 A_s/A_p 。分别计算 2008 至 2011 年爆破与地震的 S 波及 P 波的振幅比,72 个爆破的振幅比小于 2.5、32 个塌陷地震的振幅比 3~4,50 个构造地震的振幅比大于 5,广西地区天然地震的振幅比值明显大于爆

破的振幅比值,天然地震波振幅的比值大约是爆破波形振幅比值的 2 倍。

5 结语

在地震编目工作中,发现广西地区主要爆破源在三处地点,位置固定在龙滩水库、扶绥昌平、南宁双定的采石场,爆破的时间分布具有明显规律性,优势分布在中午与下午下班时间,晚上基本上不进行爆破作业,震级分布主要在 1.0~2.3 之间,强度较低。

龙滩水库甲龙台记录的爆破波形易于识别,在震相图上成组出现,爆破持续时间短、衰减快,但龙滩水库仁顶台附近、扶绥昌平、南宁双定爆破能被多台记录。龙滩水库、扶绥昌平、南宁双定爆破产生的 P 波初动方向向上,扶绥昌平爆破

记录的台站主要有崇左台、大新台、平果台、大化台、南宁台,其中崇左台、大化台、平果台初动向上,其余各台初动不清。南宁双定爆破记录的台站主要有南宁台、太平台、山圩台、覃排台,其中南宁台、太平台、山圩台初动清晰,初动均向上。

龙滩水库、扶绥昌平、南宁双定 S 波振动类似正弦波, S 波周期与 P 波周期相比, S 波周期较大。计算爆破与地震的 S 波及 P 波的振幅比,爆破的振幅比小于 2.5、塌陷地震的振幅比 3~4,构造地震的振幅比大于 5,天然地震的振幅比值明显大于爆破的振幅比值,天然地震波振幅的比值大约是爆破波形振幅比值的 2 倍。

较多台站能记录到龙滩水库仁顶台附近、扶绥昌平、南宁双定的爆破,较远的台站记录的爆破波形与天然地震较相似,难于识别,正确识别爆破的典型特征,利于正确识别同一地区的地震与爆破事件。

参考文献:

- [1] 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):148~155
- [2] 杨桂芬.澜沧~耿马地震的 S 波偏振及 P 波、S 波振幅比变化特征[J].西北地震学报,1991,13(3):38~43
- [3] 包翠玲.天然地震波形与工业化爆破波形振幅比对比的研究[J].内陆地震,2007,21(3):267~273.
- [4] 包淑娴.天然地震和人工爆破波形特征对比分析[J].华北地震科学,2011,29(1):15~19.
- [5] 姚宏.广西区域数字地震台网建设与发展[J].华南地震,2011,31(4):29~38.
- [6] 孟晓春,侯玉昆.地震观测与分析技术[M].地震出版社,1998:99~100
- [7] 孟晓春,沈启兴,何振德,等.地震信息分析技术-普通高等教育“十五”国家级规划教材[M].地震出版社,2005:20~22.
- [8] 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(1):56~63.
- [8] 姚宏,郭培兰,龙政强,等.广西南丹大厂矿区地震活动特征分析[J].地震,2011,31(3):112~119.
- [9] 张萍,高艳玲,肖健,等.辽宁台网记录爆破、矿震与地震的识别[J].地震地磁观测与研究,2001,22(5):29~34.