doi: 10.11720/wtyht.2020.1439
黄华,李忠生,郑革辉,等.震源车压制城市噪声机理及效果分析[J].物探与化探,2020,44(4):803-809.http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1439
Huang H,Li Z S,Zheng G H,et al.Mechanism and effect analysis of vibroseis vehicle suppressing urban noise[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2020,44(4):803-809.http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1439

震源车压制城市噪声机理及效果分析

黄华[1],李忠生[1,2],郑革辉[1,3],吴大林[4],王中圣[1,2],袁子恒[1,5]
(1.长安大学 地质工程与测绘学院,陕西 西安 710054;2.教育部西部矿产资源地质工程重点实验室,陕西 西安 710054;3.四川省冶金地质勘查院,四川 成都 050031;4.陕西省煤田物探测绘有限公司,陕西 西安 710005;5.中国石油集团测井有限公司,陕西 西安 710077)

摘 要:为了对震源车压制背景噪声的效果进行分析,本文基于震源车工作原理及互相关理论,对地质模型产生的反射信号分别加入随机高斯白噪声和实际道路交通干扰噪声进行模拟计算,结果表明,震源车从单次激发到8次重复激发,可压制相当于反射波信号强度27~81倍的随机噪声,或5~27倍的实际道路交通干扰噪声。工程地震勘探实例表明,在强烈交通干扰的城市环境中,以震源车作为激发源,无论是勘探精度还是勘探深度,均可满足工程需要。

关键词:震源车;互相关技术;随机噪声;城市噪声;噪声压制
中图分类号:P631.4 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8918(2020)04-0803-07

0 引言

随着城市化进程的快速推进和国民经济的高速发展,城市地球物理勘探近些年得到广泛应用,其中地震勘探因勘探深度范围广(从十几米到数百米甚至逾千米)、受地表物质干扰小、勘探精度高等优点而备受青睐[1-2]。在城市地震勘探中,如何克服交通振动等城市噪声一直是高品质数据采集的一大难题[3],油田、煤田勘探中广泛使用的炸药震源因安全性差、破坏性强、污染大而无法使用;落重等简易机械震源激发能量偏弱、施工效率低下而较少采用;大锤震源虽效率高,但激发能量低,勘探深度浅而不适用较深的目的层[4-5]。

20世纪90年代末,中国地震局开展了城市活断层探测项目,把油田中使用效果良好的震源车引进到城市环境的地震勘探中,取得了非常不错的效果,随后该模式在多个城市的活断层探测中得到推广和应用,并相继取得了良好的结果[6-10]。可控震源具有振动能量大、重复激发一致性好、安全且无破坏、不污染环境等优点[11],其被应用到城市地震勘探的主要原因也正是这些优点,当然也包括具有良好的抗城市噪声效果[12]。本文从震源车的工作原理出发,结合互相关滤波理论,模拟和探讨震源车压制噪声效果,并对实际城市环境中使用震源车采集资料进行分析。

1 互相关理论及震源车工作原理

互相关是地震资料数字处理中的一种数学运算方法,用来衡量两个波形之间的相似程度,具有线性滤波特性[13]。对于一维离散采样信号 $x(t)$ 和 $y(t)$,其互相关数学表达式可写为

$$\varphi_{xy}(\tau)=\sum_{t=-\infty}^{+\infty}x(t)y(t+\tau)\ , \qquad (1)$$

式中,t 是时间序列,τ 是时移值。该式表示在相对时移为 τ 时,波形(信号)$x(t)$ 和 $y(t)$ 的相关程度[14]。

收稿日期:2019-09-09;**修回日期**:2020-05-20
基金项目:国家自然科学基金(41772365);中央高校基本科研业务费专项资金(300102268201)
作者简介:黄华(1996-),女,硕士研究生,目前主要的研究方向为地震资料处理和地震波传播与成像。Email:2629755769@qq.com
通讯作者:李忠生(1964-),男,教授,博士,毕业于长安大学,主要从事地质灾害及勘查技术的研究与教学工作。Email:lizhsh@chd.edu.cn

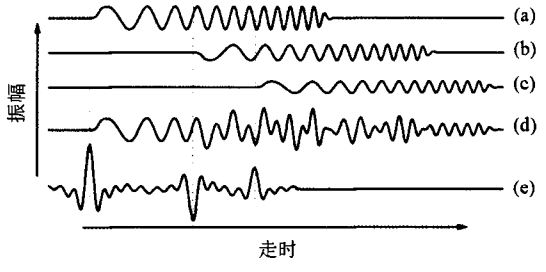
万方数据

可控震源的思想来源于脉冲压缩回声测距技术，目前使用的可控震源发出的多是正弦线性升频扫频信号，即从一个正弦起始频率连续扫描（升频）到终止频率，其瞬时频率设计为[15]：

$$f(t)=f_1+\frac{f_2-f_1}{T}t\ , \qquad (2)$$

式中：f_1、f_2 分别为扫描起始频率和终止频率（Hz），T 为扫描时间长度（单位 s），t 为时间变量，$0\leqslant t\leqslant T$。

如果地下存在多个地层界面，则每层界面都会产生反射信号（假设界面两侧介质的波阻抗不一致），图 1 中的 a、b、c 分别代表 3 个不同地下界面的反射信号，地面检波器接收到的地层反射信号如图 1d 所示。



a、b、c—分别为地下三层界面的反射信号；d—三层界面反射信号混合后的原始波形；e—原始波形与扫描信号的互相关波形

a、b、c—reflected waves of three different subsurface interfaces respectively; d—mixture wave signal of the figure a ~ figure c; e—reflected waveform after cross-correlation between the mixed wave signal and the vary-frequency sweep signal

图 1 可控震源勘探原理示意

Fig.1 Schematic diagram of the seismic exploration principle of vibroseis

可以看出，单纯从检波器记录到的原始反射波（图 1d）中无法直观分辨出地层反射信息。这时，需利用互相关运算，将各个地层的反射波信息从原始信号中提取出来，图 1e 为震源车扫描信号与原始地层反射信号（图 1d）互相关后的波形。可以看出，图 1e 的 3 个峰值，对应于地下 3 个界面的脉冲震源反射记录。可控震源通过一个长时间的低能量振动，利用互相关算法实现能量累积，从而达到类似炸药震源瞬间爆炸产生高能量的脉冲效果。

2 震源车压制噪声效果模拟分析

震源车除了可以产生类似脉冲震源的效果外，还具有高效压制背景噪声的优点[16]。下面分别从理论模拟和真实噪声环境对震源车压制噪声效果进行分析。

2.1 震源车单次激发压制随机噪声效果分析

参考野外采集现场常用的扫描参数[17-18]，这里设计了震源车扫描信号的参数如下：初始频率 20 Hz，终止频率 180 Hz，扫描时长 12 s，瞬时频率由式（2）计算可得，振幅设定为 1，考虑到互相关的吉布斯（Gibbs）效应，对扫描初始段和结尾段进行锥化处理[19]，初始段锥化为 5%，结尾段锥化为 10%，锥化部分采用布莱克曼（Blackman）窗函数[20]，其数学表达为：

$$A(t)=\begin{cases}0.42-0.5\cos(\pi t/t_1)+0.08\cos(2\pi t/t_1), & 0\leqslant t\leqslant t_1\\ 1, & t_1\leqslant t\leqslant t_2\\ 0.42-0.5\cos\pi\dfrac{T-t}{T-t_2}+0.08\cos2\pi\dfrac{T-t}{T-t_2}, & t_2\leqslant t\leqslant T\end{cases} \qquad (3)$$

式中：t_1、t_2 分别为初始段和结尾段锥化的时间长度（单位 s），T 为全程扫描时间长度（单位 s）。

实际的城市环境中普遍存在振动噪声，特别在交通道路上施工时，交通振动干扰非常严重。下面将模拟的检波器采集信号加入一定的背景噪声，分析采集信号与震源车扫描信号的互相关情况。

考虑地下存在 3 个界面的地质模型，如表 1 所示，它们的双程反射时间分别是 0.5、1.1 和 1.5 s，3 个反射信号到达地表处的振幅分别为 0.6、-0.4 和 0.3（负号代表反射系数为负），模拟地面采集的信号如图 2a 所示。为了对比背景噪声强度与有效反射信号强度之间的关系，这里使用相同时长内振动的平均振幅，即一个振动序列内所有离散采样点振幅绝对值的平均值进行比较。按此计算，上面 3 个反射信号叠加组成振动的平均振幅为 0.37。

表 1 地质模型

Table 1 Geological model

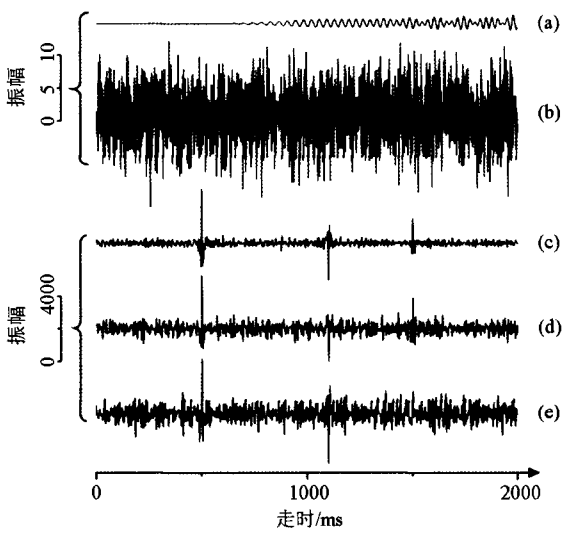
地层界面	双层反射时间/s	反射系数
第一层界面	0.5	0.6
第二层界面	1.1	-0.4
第三层界面	1.5	0.3

给出一系列高斯白噪声，在 14 s（扫描时间 12 s 加反射波双程走时 2 s）内的振幅平均值由小到大，然后将图 2a 中包含 3 个反射界面信息的振动信号分别与这些高斯噪声混合，再使用震源车扫描信号与这些携带背景噪声的采集信号利用式（1）进行互相关，并分析压制噪声效果。这里选出 3 个比较有代表性的噪声，振幅分别为 5、10 和 15，图 2b 为振幅平均值为 10 的高斯噪声波形。从有效信息与噪声信号的直观大小对比可以看出，若两信号混合后，

万方数据

反射信息完全淹没在噪声之中,根本无法直观辨别。将选定的 3 组噪声与有效反射信号混合后模拟 3 条外业采集的原始记录,并将它们分别与震源的扫描信号做互相关计算,结果分别如图 2c、d 和 e 所示。

可以看出,图 2d 中的 3 个反射信号可清晰分辨出来,此时噪声平均振幅大约是有效反射信号平均振幅的 27(10/0.37)倍,也就是说,当反射信号强度超过噪声强度的 3.7%时即可通过互相关技术将其识别出来。



a—反射波信号;b—平均振幅值为 10 的高斯噪声信号;c、d、e—不同随机噪声强度(平均振幅值分别为 5、10 和 15)的反射信号与扫描信号互相关效果

a—reflected wave signal; b—Gaussian noise signal with an average amplitude value of 10; c、d、e—cross-correlation between reflected and scanned signals with different random noise intensities (average amplitude values of 5、10 and 15 respectively)

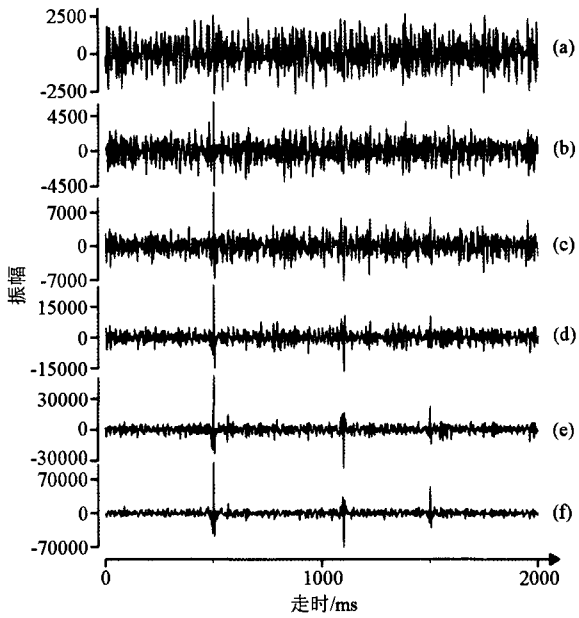
图 2　变频扫描信号单次激发压制随机噪声效果分析

Fig.2　Analysis of random noise effect of single excitation of vary-frequency scanning signal

2.2　震源车重复激发压制随机噪声效果分析

实际上震源车具有重复激发一致性良好的优点,在一个激发点很容易实现能量的垂直叠加。另外,由于背景噪声是随机干扰,在进行重复激发叠加时,随机噪声的多次叠加会使噪声水平降低。因此,在环境干扰噪声比较强的地区施工时,通常采用多次重复激发模式采集数据,重复次数一般从几次到十几次,甚至几十次。

仍然使用表 1 的地质模型及前面设定的扫描参数模拟反射信号(图 2a),反射信号平均振幅为 0.37。通过多次试算,选定平均振幅为 30 的高斯噪声作为背景,模拟震源车重复激发次数分别为 1、2、4、8、16 和 32 进行计算分析,结果如图 3a~f。可以看出,在激发次数小于 4 时,有效信号都不是太好;当激发次数达到 16 时,完全可以辨别出反射信号,32 次激发的信噪比已非常高。若以重复激发 8 次为识别有效信号的临界状态,此时噪声平均振幅大约是有效反射信号平均振幅的 81(30/0.37)倍。这意味着,当反射信号强度超过噪声强度 1.2%时,就可使用大于 8 次的重复激发手段得到较高信噪比的原始记录数据,可明显辨别反射震相,在此基础上,再利用通常使用的多次覆盖反射波观测方法,可取得质量较高的反射剖面。



a~f—重复激发次数为 1、2、4、8、16 和 32 的互相关效果

a~f—cross-correlation effect of repeated excitation times of 1、2、4、8、16 and 32

图 3　重复激发次数对随机噪声压制效果分析

Fig.3　Analysis of the effect of repeated excitation times on random noise suppression

2.3　震源车压制交通背景噪声效果分析

为了分析震源车对实际施工环境下的噪声压制效果,专门在城市主干道路繁忙交通环境下采集了背景噪声资料(图 4),采集参数为:道间距为 3 m,240 道接收,记录时长 2 s。

采集数据不做任何处理,如图 5 所示。为了给后续研究提供数据源,共采集了 10 炮噪声记录。可以看出,除了各种随机噪声外,道路上行驶车辆引起的交通振动噪声非常突出。

为了分析互相关对交通噪声的压制效果,将上文计算中的高斯噪声替换成在实际施工环境下采集的包含交通振动的背景噪声信号。为了便于分析和震相识别,这里采用多道的单炮记录进行互相关计算,选用图 5 中比较典型的 131~160 记录道作为背景噪声(图 6a),同时为了下面与 12 s 时长的扫描信号做互相关计算,将单道记录的 2 s 长度重复 7 次,

万方数据

图 4 测线布置环境为交通繁忙的城市主干道

Fig.4 The survey line on the main road of the city with heavy traffic

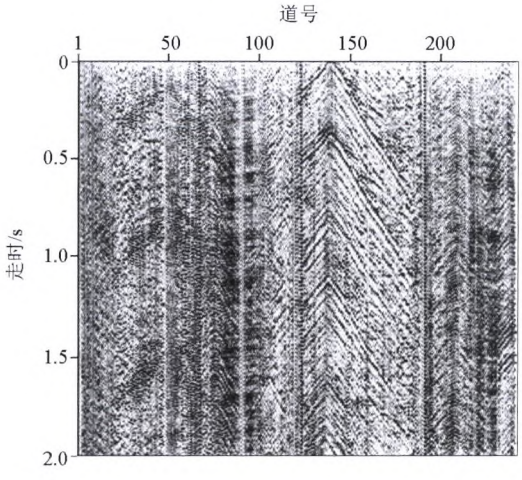


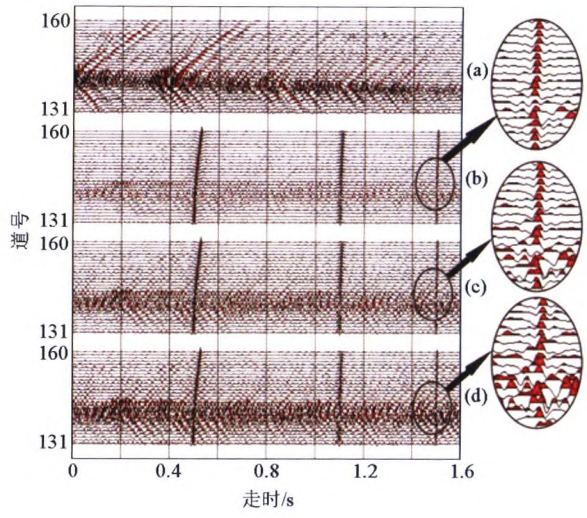
图 5 实际噪声记录

Fig.5 The real noise record

形成记录长度 14 s 的背景噪声。

计算所用的反射波信号仍然使用表 1 的地质模型产生的模拟信号,设激发源位于 131 道,将 3 个反射信号强度的平均振幅设定为 0.37,30 道交通噪声信号的平均振幅设为 3 个强度,分别是 1、2 和 3。然后将接收到的反射扫描信号与不同强度的背景噪声混合,模拟真实情况下检波器接收到的振动信号,再将混合后的振动信号与震源扫描信号做互相关计算,结果如图 6b~d 所示。

可以看出,最强的反射,即第 1 层界面的反射信号,能够很容易的在 3 个强度的背景噪声中识别出来。但对于最弱的第 3 层界面反射信号,在平均幅值为 3 的背景噪声中,交通噪声最大的区域较难分辨。在平均振幅为 2 和 1 的噪声记录中,最弱的反射信号基本上可以识别出(见图 6 右侧放大的小图)。这一结果说明,当反射信号强度超过背景噪



a—30 道(131#~160#)城市噪声记录; b~d—不同噪声强度(平均振幅值分别为 1、2 和 3)下的反射信号与扫描信号互相关效果

a—30 channels (131#~160#) city noise record; b)~d—cross-correlation between reflected and scanned signals at different noise intensities (average amplitude values of 1、2 and 3, respectively)

图 6 真实环境下单次激发互相关效果分析

Fig.6 Analysis of single excitation cross-correlation effect in real environment

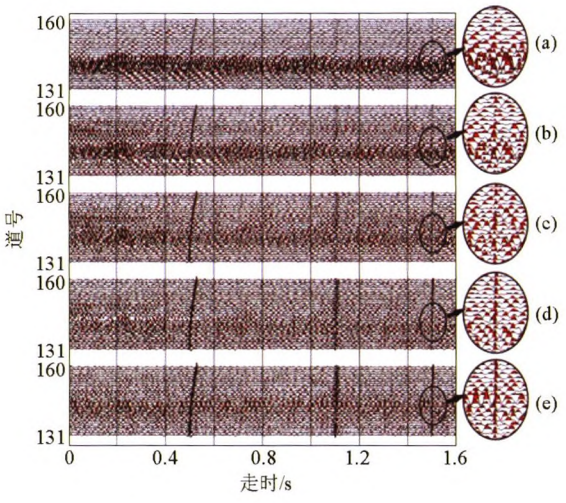
声的 18.5%(0.37/2)时,可以进行互相关识别,也就是说当震源车单次激发时,可压制有效信号 5 倍的交通背景噪声。

上面的计算仅仅考虑的是一次激发,若考虑多次重复激发、叠加记录,则可清晰分辨更弱能量的反射信号。计算时,需每次更换不同的背景噪声,即从前面采集的 10 炮记录中(共 2 400 道)任意抽出相邻的 30 道作为背景。然后对每次采集的 14 s 长度的数据直接叠加,最后与震源扫描信号做互相关运算。经试算,这里给出了反射信号平均振幅和背景噪声平均振幅分别为 0.37 和 10 时的计算结果,激发次数分别为 1、2、4、8 和 16 次,相关后的结果见图 7a~e。

可以看出,重复激发 8 次时可清晰辨认有效反射信号(见图 7 右侧放大的小图),此时,反射信号平均振幅约为背景噪声平均振幅的 3.7%(0.37/10),或者说当震源车重复激发 8 次时,可压制有效信号 27 倍的交通背景噪声。

综合上面的模拟计算分析可知,震源车通过激发扫描信号,然后对接收信号进行互相关,从单次激发到 8 次的重复激发,可压制相当于有效信号强度 27~81 倍的随机背景噪声以及 5~27 倍的交通背景噪声,说明震源车具有极高的压制噪声的特性。

万方数据



a~e—重复激发次数分别为 1、2、4、8 和 16 次的互相关效果

a~e—cross-correlation effect of repeated excitation times of 1、2、4、8 and 16

图 7　重复激发次数对实际噪声压制效果分析

Fig.7　Analysis of the effect of repeated excitation times on real noise suppression

3　工程勘探实例效果

在西安地铁工程建设中,需要对隐伏的西安地裂缝进行人工地震勘探,以确定其确切位置和性质等未知信息。勘探测线布置在城市主干道路边,大小车辆川流不息(图 4),交通振动干扰大。课题组选用美国 Metrz 公司 M18/612 型(18T)震源车作为激发源,扫描参数为:线性升频扫描 20~180 Hz,扫描时长 12 s,震源出力参数设置为 75%;采用 24 次覆盖反射波法,道间距 3 m,240 道接收的观测系统[21]。

图 8 为采用以上观测系统并重复激发 12 次的野外单炮记录,可以看出,各个地层的反射信号清晰连续,勘探深度可达双层反射时间 1 000 ms 左右,对应地层深度约 900~1 000 m。

图 9 是经资料处理后得到的反射叠加剖面图(局部),图中有效信号信噪比高,各反射波震相清晰连续,地质构造明显。图 9 中的 F_1~F_3 被解释为断层异常。随后布置了工程钻探进行验证,3 个异常均得到确认,并且地震勘探确定的位置与钻孔验证吻合良好。其中 F_3 被认定为西安地裂缝,其地质钻探剖面如图 10 所示,十几米深的古土壤地层底界断距达 2.8 m[21]。

本次勘探区域为西安西南郊的皂河沣河阶地,近地表为河湖相地层,水位深度约 15 m。虽然近地表松散的第四系对地震波高频段有较强的吸收,使

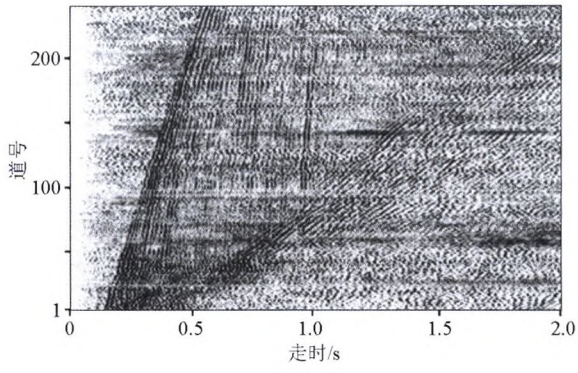


图 8　可控震源采集地震记录(重复激发 12 次)[21]

Fig.8　An original field record by vibroseis

(12 times repeated excitation)

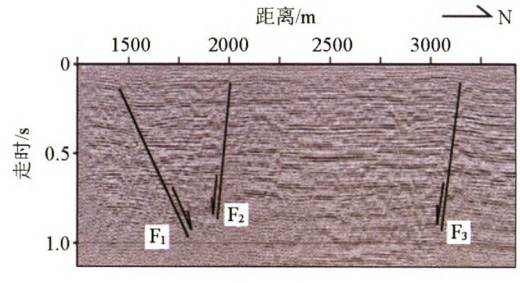


图 9　实际工程反射叠加剖面(部分)[21]

Fig.9　The actual stacked profile(partial)

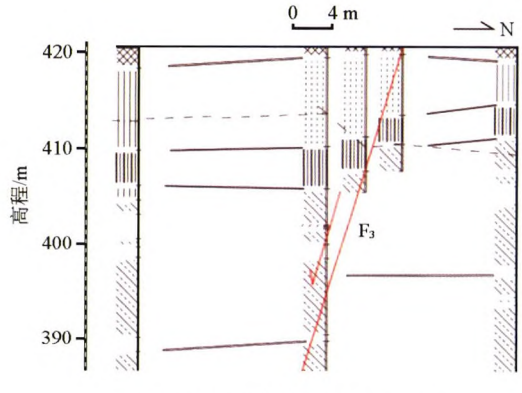


图 10　地质钻探剖面(F_3)[21]

Fig.10　Geological drilling profile (F_3)

得接收到的地下界面反射信号形态与震源车发出的扫描信号形态之间存在一定程度的失真,从而削弱互相关压制噪声效果[22],但无论是单炮记录,还是最终叠加剖面,均显示了非常高的信噪比,达到了良好的效果。说明震源车不仅具有非常好的压制城市噪声特性,也适用于常见的松散第四系探区。

4　结论

震源车通过连续变频扫描方式激发振动信号,然后通过与检波器接收到的信号进行互相关,可极大压制背景噪声。通过本文的模拟计算可知,震源

万方数据

车从单次激发到8次重复激发,可压制相当于反射波信号强度27~81倍的随机噪声;对于实际城市交通噪声,震源车从单次激发到8次重复激发可压制相当于反射波信号强度的5~27倍。

工程勘探实例也表明,在强烈交通干扰的城市环境背景中,使用震源车进行地震勘探具有优异的噪声压制特性,勘探精度和深度完全能够满足城市工程勘探需要。

参考文献(References):

[1] 马董伟.地震勘探方法在薄覆盖层区城市活断裂探测中的应用[J].物探与化探,2019,43(5):1038-1045.
Ma D W.The application of seismic exploration method to active faults detection in urban thin overburden area[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2019,43(5):1038-1045.

[2] 李万伦,田黔宁,刘素芳,等.城市浅层地震勘探技术进展[J].物探与化探,2018,42(4):653-661.
Li W L,Tian Q N,Liu S F,et al.Progress in the study of shallow seismic exploration technology in urban areas[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2018,42(4):653-661.

[3] 丁美青,胡泽安,李建宁,等.城市地下断裂构造可控震源地震勘探试验研究[J].物探化探计算技术,2017,39(4):565-572.
Ding M Q,Hu Z A,Li J N,et al. Experimental study on vibroseis seismic exploration in urban underground fault structure[J].Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration,2017,39(4):565-572.

[4] 马红树.复杂地表条件下不同震源的特性分析及运用[J].石油地球物理勘探,2008,43(s2):33-37.
Ma H S.Analysis on characters of different sources in complex surface conditions and application[J].Oil Geophysical Prospecting,2008,43(s2):33-37.

[5] 张玉军,田雪丰,冷广昇.可控震源在地震勘探激发条件复杂地区的应用[J].煤田地质与勘探,2015,43(5):108-112.
Zhang Y J,Tian X F,Leng G S. Application of vibrator in the region with complex seismic excitation conditions[J].Coal Geology & Exploration,2015,43(5):108-112.

[6] 汪恩华,赵邦六,王喜双,等.中国石油可控震源高效地震采集技术应用与展望[J].中国石油勘探,2013,18(5):24-34.
Wang E H,Zhao B L,Wang X S,et al.Application and outlook of vibroseis acquisition techniques with high efficiency of CNPC[J].China Petroleum Exploration,2013,18(5):24-34.

[7] 刘保金,张先康,方盛明,等.城市活断层探测的高分辨率浅层地震数据采集技术[J].地震地质,2002,24(4):524-532.
Liu B J,Zhang X K,Fang S M,et al.Acquisition technique of high-resolution shallow seismic data for surveying of urban active faults[J].Seismology and Geology,2002,24(4):524-532.

[8] 潘纪顺,刘保金,朱金芳,等.城市活断层高分辨率地震勘探震源对比试验研究[J].地震地质,2002,24(4):533-541.
Pan J S,Liu B J,Zhu J F,et al.Comparative experiment on seismic sources in high-resolution seismic exploration for urban active faults[J].Seismology and Geology,2002,24(4):533-541.

[9] 潘纪顺,张先康,刘保金,等.城市活断层的抗干扰高分辨率浅层地震勘探研究[J].中国地震,2003,19(2):148-157.
Pan J S,Zhang X K,Liu B J,et al.Reargh on detecting urban active faults by shallow seismic exploration method with anti-disturbance high resolution[J].Earthquake Research in China,2003,19(2):148-157.

[10] 刘保金,姬继法,徐朝繁,等.共偏移距地震反射波方法用于城市活断层探测[J].地震地质,2006,28(3):411-418.
Liu B J,Ji J F,Xu C F,et al.Application of common offset seismic reflection method to urban active fault survey[J].Seismology and Geology,2006,28(3):411-418.

[11] 任政委,武毅,孙党生,等.高干扰环境下西安市地裂缝勘查新方法[J].物探与化探,2011,35(1):75-79.
Ren Z W,Wu Y,Sun D S,et al.A new method for ground fissure exploration in the high-interference environment of Xi'an city[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2011,35(1):75-79.

[12] 孙明,林君,陈祖斌,等.电磁驱动可控震源系统及其在工程勘察中的应用[J].地震工程与工程振动,2004,24(6):173-176.
Sun M,Lin J,Chen Z B,et al.Electromagnetic portable vibrator system and its appli-cations in engineering-geophysical survey[J].Earthquake Engineering and Engineering Vibration,2004,24(6):173-176.

[13] 胡广书.数字信号处理:理论、算法与实现[M].北京:清华大学出版社,1997.
Hu G S.Digital signal processing:Theory,Algorithm and Implementation[M].Beijing:Tsinghua University Press,1997.

[14] 槐永军,武永生.可控震源的相关技术[J].物探装备,2009,19(1):30-32.
Huai Y J,Wu Y S.Correlation technique of vibroseis[J].EGP,2009,19(1):30-32.

[15] 林君.电磁驱动可控震源地震勘探原理及应用[M].北京:科学出版社,2004.
Lin J.Principle and application of electromagnetically driven controllable seismic exploration[M].Beijing:Science Press,2004.

[16] 曲英铭,李振春,韩文功,等.可控震源高效采集数据特征干扰压制技术[J].石油物探,2016,55(3):395-407.
Qu Y M,Li Z C,Han W G,et al.The elimination technology for special interference of vibroseis efficient acquisition data[J].Geophysical Prospecting for Petroleum,2016,55(3):395-407.

[17] Bagaini C.Acquisition and processing of simultaneous vibroseis data[J].Geophysical Prospecting,2010,58(1):81-100.

[18] 薛海飞,董守华,陶文朋.可控震源地震勘探中的参数选择[J].物探与化探,2010,34(2):185-190.
Xue H F,Dong S H,Tao W M.Parameter selection in vibroseis seismic exploration[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2010,34(2):185-190.

[19] 王忠仁,陈祖斌,姜涛,等.可控震源地震勘探的数值模拟[J].吉林大学学报:地球科学版,2006,36(4):627-630.
Wang Z R,Chen Z B,Jiang T,et al.Numerical simulation for seismic exploration with vibrator[J].Journal of Jilin University:Earth Science Edition,2006,36(4):627-630.

[20] 崔宏良,王瑞贞,陈敬国,等.可控震源地震勘探中的数值模拟法应用[J].石油地球物理勘探,2017,52(2):209-213.

万方数据

Cui H L, Wang R Z, Chen J G, et al. Application of numerical simulation in vibroseis seismic acquisition[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2017, 52(2): 209 - 213.

[21] 西安长安大学工程设计研究院有限公司.西安市地铁六号线工可阶段沿线地裂缝勘察报告[R].西安:西安长安大学工程设计研究院有限公司,2013.
Civil Engineering Design Academy of Chang'an University Co., Ltd. Ground fissure survey report during construction period of Xi'an Metro Line 6[R]. Xi'an: Civil Engineering Design Academy of Chang'an University Co., Ltd, 2013.

[22] 杨全斌,刘凤智,吴永国,等.可控震源零相位转换问题探讨[J].物探与化探,2018,42(3):555 - 559.
Yang Q B, Liu F Z, Wu Y G, et al. A tentative discussion on zero phase transformation of vibroseis data[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(3): 555 - 559.

Mechanism and effect analysis of vibroseis vehicle suppressing urban noise

HUANG Hua[1], LI Zhong-Sheng[1,2], ZHENG Ge-Hui[1,3], WU Da-lin[4], WANG Zhong-Sheng[1,2], YUAN Zi-Heng[1,5]

(1. *School of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an* 710054, *China*; 2. *Key Laboratory of Western China's Mineral Resources and Geological Engineering, Ministry of Education, Xi'an* 710054, *China*; 3. *Sichuan Metallurgical Geological Exploration Institute, Chengdu* 050031, *China*; 4. *Shaanxi Coal Geophysical Prospecting and Surveying Co., Ltd, Xi'an* 710005, *China*; 5. *China Petroleum Logging Co., Ltd, Xi'an* 710077, *China*)

Abstract: In order to analyze the effect of suppressing background noise of the vibroseis vehicle, the authors, based on the working principle and cross-correlation theory of the vibroseis, simulated calculation of the reflected signal generated by the geological model by adding random Gaussian white noise and actual road traffic interference noise. The results show that the vibroseis can suppress random noise equivalent to 27 ~ 81 times the reflected signal strength or 5 ~ 27 times of actual road traffic interference noise from single excitation to 8 repeated excitations. The engineering seismic exploration example shows that, in the context of strong urban traffic interference, the vibroseis can be used as the excitation source, and both the exploration accuracy and the exploration depth can meet the engineering needs.

Key words: vibroseis; cross-correlation; random noise; urban noise; noise suppression

(本文编辑:叶佩)

万方数据