

王宏伟,田晓峰,鄧少英,等. 2022. 大容量气枪震源在陆内反射地震探测中的应用[J]. 地震研究, 45(3): 434–440, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2022.0043.

Wang H W, Tian X F, Feng S Y, et al. 2022. Application of the source of large-volume airgun to continental seismic-reflection detection [J]. *Journal of Seismological Research*, 45(3): 434–440, doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2022.0043.

大容量气枪震源在陆内反射地震探测中的应用*

王宏伟, 田晓峰, 鄧少英*, 秦晶晶, 谭雅丽, 魏学强

(中国地震局地球物理勘探中心, 河南 郑州 450002)

摘要: 为探索大容量气枪震源在陆内地壳结构反射地震探测中的应用前景, 在安徽长江中下游池州—铜陵段完成气枪震源流动水体激发、岸上反射地震仪器接收的探测试验, 获得测线下方反射地震数据剖面。结果显示: 在研究区内大容量气枪震源激发的地震波信号具有传播距离远、穿透深度大等特点, 在距炮点 13 km 处获得清晰地震波初至起跳信号, 纵向上双程走时 10.5 s 可分辨出连续反射震相, 推测为 Moho 面在剖面上的显示。通过试验对比选取最大覆盖次数面元网格输出线, 最终获得较为清晰的叠加剖面, 达到探测目标, 证明气枪震源作为新型人工震源, 可用于陆内流动水体反射地震探测。

关键词: 大容量气枪震源; 反射地震勘探; 共中心面元; 观测系统

中图分类号: P315.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0666(2022)03-0434-07

doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2022.0043

0 引言

反射地震探测技术作为地球物理学家研究地球的主要手段之一, 被广泛应用于盆地、造山带岩石圈的构造演化, 地球动力学过程研究, 地震孕育和发生的深、浅构造环境探测, 地震活动监测等领域(鄧少英等, 2015; 刘保金等, 2017; 高锐等, 2006; 王伟涛等, 2009)。为了获取整个地壳、Moho 面乃至上地幔的反射图像, 反射地震探测通常采用炸药震源进行人工地震波激发, 但炸药震源对环境破坏严重、信号可重复性低、人工操作危险, 在使用中受到越来越多的限制(顾庙元等, 2016)。因此, 研发可替代炸药震源并满足环保、高效、安全的新型人工震源是当前地震勘探领域的迫切需求。

气枪震源作为地震勘探震源最早应用于煤矿

领域, 主要以高压大容量单枪为主(陈浩林等, 2008)。随着气枪理论和阵列技术的不断发展, 气枪震源逐渐发展成为一种重复性好、绿色环保、信号稳定的人工激发源(杨微等, 2013; 王伟涛等, 2017), 并在海洋油气勘探中获得显著成效(吴志强等, 2013; 李绪宣等, 2016)。近年来, 气枪震源激发技术逐渐被引入到陆内区域尺度地下结构探测领域, 多用于减轻自然资源灾害和地下介质变化监测(王宝善等, 2011; Wang et al., 2018)。陈颢等(2017)利用气枪震源在云南宾川、新疆呼图壁和甘肃张掖进行地震信号激发, 在 5 000 次信号叠加后, 最远追踪距离约 1 300 km, 最大探测深度达到 60 km。林建民等(2008)通过分析河北上关湖大容量气枪观测数据, 成功提取 Pg、Pc 和 Pn 信号, 正演获得探测区壳幔速度结构。苏金波等(2015)对北天山地区的气枪信号振幅随距离衰减关系和介质衰减特征

* 收稿日期: 2021-11-21.

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1503200)和国家自然科学基金面上项目(41774071、41674140)联合资助.

第一作者简介: 王宏伟(1988-), 工程师, 主要从事反射地震勘探及背景噪声研究. E-mail: wanghw_job@sina.com.

♣ 通讯作者简介: 鄧少英(1967-), 正高级工程师, 主要从事地壳深浅结构的反射地震探测研究.

E-mail: fsy.ny@163.com.

进行研究,结果显示,与天然地震相同频率的气枪震源P波振幅的衰减比S波快,相同频率下,气枪震源拟合得出的 Q_p 和 Q_s 值均比天然地震得出的值高。邱学林等(2007)在南海北部进行大容量气枪震源的海陆联测试验,首次利用陆上固定地震台站记录到远距离气枪信号,证实了使用固定地震台网进行高精度三维地壳结构探测和研究的可能。杨微等(2016)在井下5 m深度激发气枪震源,单次激发产生的能量最远传播距离约9 km,经过100次叠加和滤波,在25 km处可检测到清晰气枪信号。王宝善等(2021)利用城市光纤接收宾川气枪震源信号,多次激发后在地震记录中可观测到清晰目标信号。本文在长江中下游池州—铜陵段利用大容量气枪震源陆上流动水体激发产生的反射地震波来研究地壳结构,该研究不同于海上气枪探测与陆内非流动水域探测,是一种新方法的尝试。

1 研究区地质概况及试验概述

1.1 研究区地质概况

本文研究区位于长江中下游地区的池州—铜

陵段,地处华北断块区、扬子断块区与秦岭—大别褶皱带3个构造单元交汇处,是我国重要的铁、铜、金等金属矿富集带(周涛发等,2012)。该区基底为晚元古代变质岩系,上覆巨厚中生代侏罗、白垩纪陆河湖相盆地沉积。中生代以前处于长期隆起并遭受剥蚀状态,到燕山期进入新的地史发展阶段,岩浆作用与成矿作用剧烈。根据重力资料反演计算,区域地壳厚度约为36~42 km,总体变化存在自北向南、自东向西逐渐增厚趋势(汤井田等,2014)。目标区地层出露较好,北部地区地表出露最老地层为志留纪,至第四纪地层均有出露。地层覆盖除中下泥盆统和下石炭统部分缺失外,震旦系至第四系均有发育,地层层序较完整,第四纪沉积层厚度在4.5 km以上(徐晓春等,2014)。受华北断块与扬子断块碰撞作用,区内褶皱变形、断裂作用和岩浆活动频繁(吕庆田等,2002),主要断裂包括NNE方向的郯庐断裂带和NEE向的阳新一常州断裂带(图1)。

1.2 试验概述

2015年10月在安徽铜陵实施的地学“长江计划”,是一项针对长江流域地下结构和应力变化探

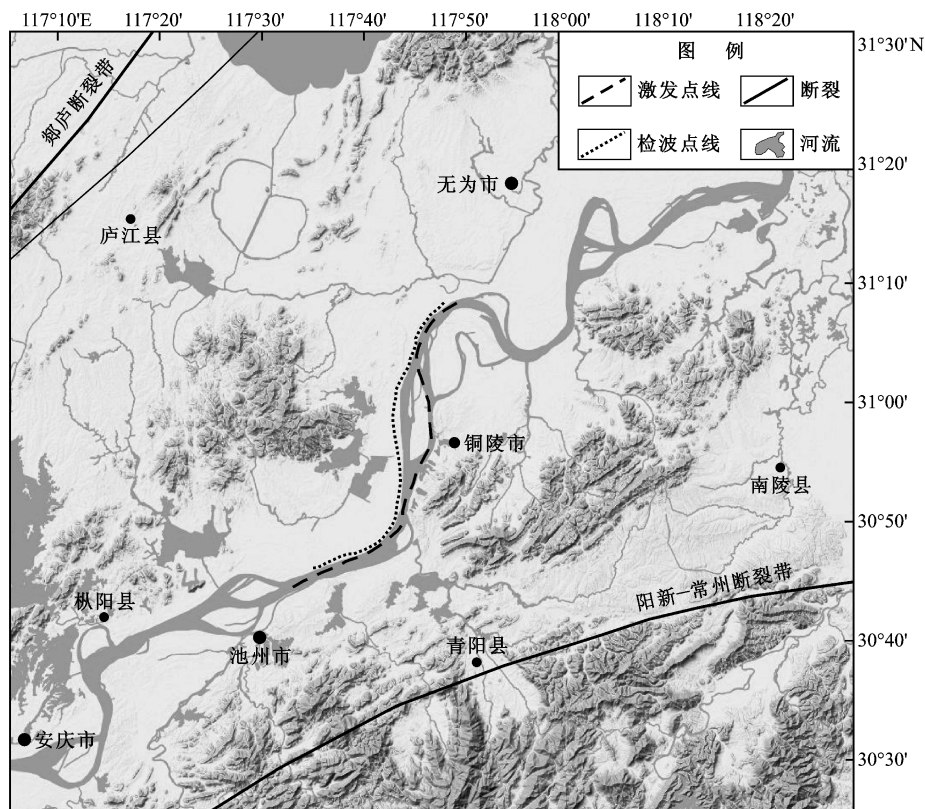


图1 地学“长江计划”测线位置图

Fig. 1 Survey line of the large-capacity airgun source for seismic exploration

测的大型综合地球科学探测。该试验由国内数家科研院所和机构以及高等院校等团队联合实施,中国地震局地球物理勘探中心承担深反射探测专题。该试验选取长江中下游池州—铜陵段的流动水体(图1),采用大容量气枪震源固定点激发和走航激发相结合的工作方式,沿岸布设反射地震仪全时段接收地震波信号。气枪震源由4支容量为2 000 in³的Bolt L型气枪组合而成,气枪阵列沉放水深12 m。走航激发点距100~150 m,激发次数1次,激发线长度59.5 km;固定激发点4个,激发点距10~20 km,每点连续激发100~150次。地震波接收采用固有频率为10 Hz检波器串(每串12个),沿岸共布设1 802道全排列接收气枪震源信号,道间距30 m。数据采集系统采用法国Sercel公司生产的428XL数字地震仪,采样间隔4 ms。

2 试验系统与数据分析

2.1 单炮数据分析

图2为大容量气枪震源单次激发地震记录。由图可以看出,原始资料信噪比较低。由于受长江航道船舶航行和沿岸生产、生活影响,地震记录中各类干扰波发育,包括固定源干扰、环境噪声、面波、多次反射、折射波和随机干扰等,噪声频带宽(2~80 Hz)、能量强、有效信号识别困难。近炮点地震道初至起跳明显,最大可识别距离约为13 km,部分记录可分辨出局部有效反射波信号。远炮点地震道信号普遍较差,初至识别困难,噪音信号影响地震道整个双程走时(TWT)。双程

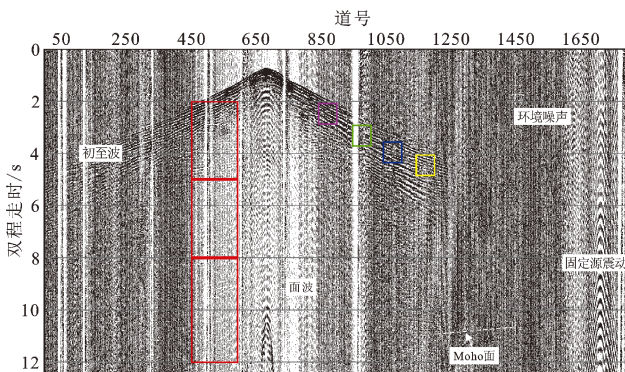


图2 原始单炮记录及信噪比分析时窗

Fig. 2 Original single-shot record and the time window of SNR analysis

走时10~11 s可识别局部同向反射波组,推测可能是Moho面在剖面上的反映。

为研究垂直叠加技术在气枪信号增强、噪声干扰压制方面的效果,试验在航道不同航段设计4个固定激发点,航船进行抛锚定点重复激发。对固定点激发的单炮记录进行垂直叠加,通过试验发现,当叠加次数超过50次,可以有效提高资料信噪比,地震信号能量明显增强,随机干扰压制明显(王宏伟等,2020),最大可识别距离约为39 km。

为精确评价原始单炮记录信噪比在时间和空间的分布情况,本文采用信噪比定量分析技术,分析结果决定后续数据处理流程的制定及参数的选取。其基本原理为:①对时窗数据进行带通滤波;②基于互相关算法,相邻两道互相关作为有效信号,单道自相关作为总能量,噪音能量为总能量与有效信号能量差;③信噪比为有效信号与噪音信号的比值。

对同一单炮记录相同偏移距、不同时窗(图2红色时窗)数据进行信噪比分析,分析结果见表1:在浅层(2~5 s)时窗范围内,3个频带的信噪比均大于1,有效信号强于噪音信号;中深层(5~8 s)和深层(8~12 s)时窗范围内,3个频带的信噪比均小于1,噪音信号强于有效信号。以上表明在相同频率下,浅层和深层信噪比整体高于中深层,优势频带集中在5~40 Hz。

表1 相同偏移距、不同时窗信噪比

Tab. 1 The SNR of the same offset and different time windows

时窗/s	频率		
	5~40/Hz	5~60/Hz	5~120/Hz
2~5	1.4	1.3	1.3
5~8	0.7	0.69	0.68
8~12	0.8	0.8	0.78

对同一单炮记录不同偏移距、不同时窗范围(图2中紫色、绿色、蓝色、黄色时窗)数据进行信噪比分析,分析结果如表2所示:相同频带内,随着偏移距增大,信噪比主要表现为逐渐降低。频率为10~20 Hz时,信噪比由5.0降至2.9。同一时窗下,低频信号占主要成分,信噪比较高,高频信号能量较弱,信噪比较差。

表 2 不同偏移距、不同时间窗信噪比

Tab. 2 The SNR of the different offsets and different time windows

偏移距/m	频率			
	8 ~ 80/Hz	10 ~ 20/Hz	20 ~ 40/Hz	30 ~ 60/Hz
4 740 ~ 6 240	3.3	5.0	1.8	0.9
7 740 ~ 9 240	4.4	4.7	1.5	1.1
10 740 ~ 12 240	2.0	2.7	1.2	0.9
13 740 ~ 15 240	2.0	2.9	1.0	1.3

2.2 观测系统分析

合理的观测系统定义是获得高质量成像效果的关键（刘斌等，2015）。本次试验受地形影响，炮检线呈非重合弯线分布，测线两端弯曲度较大，方向偏转近 90°，造成炮检中心分布不均且发散严重，整体呈不规则“哑铃”状（图 3）。激发点线与接收点线最小偏移距为 0.41 km，最大偏移距为 50.84 km。大炮检距共中心点主要分布在激发-接收线的中南部区域，绝对值多大于 25 km。在激发-接收线附近区域内，共中心点的炮检距绝对值一般小于 25 km。

根据炮检分布位置，分别计算深度 5、10、25、30 km，反射角 30°、45°、60°的共中心点分布，面元分布范围随地层深度和反射角度的增加逐渐增大（秦晶晶等，2020）。常规的二维共中心点叠加，采用在不同单炮记录中选取具有共同炮

检中点位置的道，这些道记录的地震波为地下同一点的反射信息，经动校正处理后将各道叠加。二维直线测线，共中心点连线与测线重合，即剖面输出位置。

由于观测系统为二维非纵测线，炮检关系复杂，激发点线与接收点线均为曲线且互不重合，常规 2D 处理方法不再适用，因此在对实际观测系统分析的基础上，借鉴 3D 数据处理方法，采用针对铜陵试验数据特点的弯线面元方法作为处理基础，并对不同面元网格设计进行试验，从叠加效果评判网格的优劣。按照弯线面元划分原则，采用不同的面元网格设计方案（图 4）：偏移距中点连线（MID）网格及最大覆盖次数（SMA）网格。

图 4 中使用不同共中心点面元选取方法，得到的剖面输出位置存在一定的差异。主要差异位于测线中南段。在网格尺寸一致的前提下，SMA 网格包含的共中心点更多且弯曲度较小，MID 网格南部共中心点仅落入网格的 1/2，且网格线弯曲度较大。

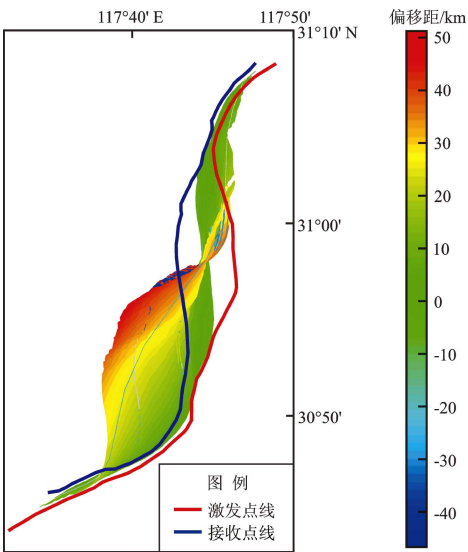


图 3 不同炮检偏移距共中心点分布图
Fig. 3 Distribution of common center points of different offsets

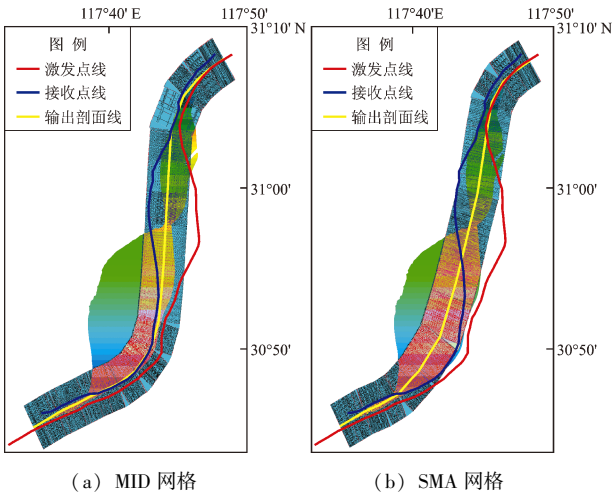


图 4 不同面元网格设计输出剖面位置图
Fig. 4 Location of output section line by different bin grids

对根据不同输出剖面线获得的线性叠加效果进行对比：在相同面元网格条件下，SMA 输出剖面线叠加结果品质好于 MID 输出剖面线叠加效果，目标层段（9~11 s）SMA 叠加剖面的信噪比、波组连续性和稳定性均优于 MID 叠加剖面。分析原因是由于 SMA 较 MID 方法面元网格中的共中心点数量更多，提高了道集覆盖次数，有效信号能量增强，干扰信

号得到压制。为了兼顾地下不同方位角、不同深度的成像效果及叠加剖面的信噪比,最终选择沿其中心点面元最大覆盖次数方向进行资料处理。

2.3 叠加剖面分析

图 5 为利用最大覆盖次数网格得到的叠加剖面及解释图。由图可见:浅部信息在测线两端炮检距较小部位有部分显示,在测线中北部,由于炮检距较大,导致剖面 15~45 km 存在不同程度缺失,最大缺失位置在 31 km 处,缺失范围为双程走时 TWT 1.5 s 内浅地层信息;3~5 s 存在一个反射能量强、可连续追踪的反射波组界面 C_{RI} ,界面形态在剖面 SW 段表现为下凹,NE 段表现为上隆。5.5~6.5 s 存在一个明显波阻抗界面 T_C , T_C 界面表现为近水平形态。10~12 s 存在一组强反射波组条带,由 2~3 个反射同向轴组成,在剖面上可连续追踪,整体呈 SW 向倾斜,时间从 11.5 s 抬升到约 10.0 s,总体抬升约 1.5 s。 T_C 反射波界面在桩号约 27 km 处出现波组不连续,两侧波阻抗界面存在垂向位移。桩号约 24 km 处, T_M 反射界面也出现一定程度的错断,由此可推断在 T_C 与 T_M 界面上存在一个倾向 SW 的正断层。

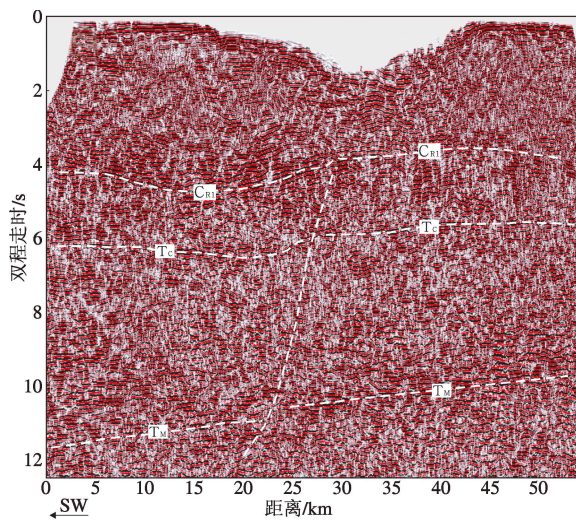


图 5 反射叠加时间剖面及解释结果

Fig. 5 The stacked time section of reflection and its interpretation

已有探测资料显示,该地区上、下地壳分界位于 TWT 6.0 s 附近 (吕庆田等, 2015), 对应剖面中 T_C 界面。上地壳反射层密集、同相轴弯曲,显示地层褶皱、形变复杂。下地壳反射震相相对简单,多

为反射能量较弱、连续性较差的同相轴线段。 T_C 界面表现为一个波阻抗明显的条带,介于上下地壳之间。长江中下游地区 Moho 面深度变化较大,在华北断块深度约 34~35 km,向南逐渐变浅,进入扬子断块, Moho 面深度约 32~34 km (吕庆田等, 2003), 对应剖面中 T_M 界面。通过对比,无论是地壳结构划分或 Moho 面形态及埋藏深度,试验探测结果与前人获得的结论基本一致。

3 讨论与结论

本文利用大容量气枪震源陆上流动水体激发产生的反射地震波来研究地壳结构,该研究不同于海上气枪探测与陆内非流动水域探测 (王宝善等, 2016), 是一种新方法的尝试。大容量气枪作为人工震源,进行地下结构反射地震探测,探测结果不仅与气枪容量、组合形式、沉放深度密切相关 (李绪宣等, 2012), 同时受观测系统、处理方法共同约束。研究采用的气枪震源为 4 支容量为 2 000 in³ 的 Bolt L 型大容量气枪,沉放水深 12 m。受气枪能量限制及河道周边噪声环境影响,单次激发产生的地震记录信噪比普遍偏低,大偏移距与中、深层的信噪通常在 1.0 以下。初至信号最大传播距离约为 13 km,经多次垂直叠加,能够有效压制随机干扰,有效信号最大接收距离明显提高 (Wang *et al.*, 2010), 初至波传播距离提高至 39 km,最大探测深度达到 36 km (鄧少英等, 2020)。

受航道及堤岸形态的限制,本次采集观测系统复杂,造成共中心点发散严重。数据处理中,采用多种弯线输出剖面线的方法,根据共中心点的分布范围和炮检距大小的分布,设计不同面元网格。通过试验剖面对比,最终采用最大覆盖次数网格作为输出剖面线,提高面元叠加次数,限制低信噪比的大炮检距波场参与叠加,改善弯线面元共中心点离散度,能够获得较好成像结果。

叠加剖面分层明显,存在 3 个明显反射波组界面,各界面形态各异,且界面两侧反射波组特征差异较大。TWT 3~5 s 位置存在一个明显波阻抗界面 C_{RI} 表现为南凹北隆形态, TWT 5.5~6.5 s 位置为上下地壳分界面 T_C , T_C 界面表现为近水平形态分布, TWT 10~12 s 位置为莫霍面,表现为向北逐渐变浅

趋势,与已有探测结果基本吻合。

根据以上研究结果本文主要获得以下结论:

(1) 本文研究通过大容量气枪震源激发得到了反映测线经过地区的反射地震叠加剖面,剖面反射信息丰富,地壳结构和内部构造特征明显,莫霍面反射图像清晰,达到探测目的。野外施工中,气枪震源相较于炸药震源具有安全、可靠、重复性好、无污染的特性,充分说明利用大容量气枪震源进行陆内反射地震探测的可行性。

(2) 气枪震源被用于陆内流动水体激发时,应选择噪声干扰小的河段施工。若干扰信号无法避免,则通过多次垂直叠加,能够改善地震记录信噪比,提高气枪震源探测距离和探测深度。

(3) 气枪震源陆内流动水域激发、陆上探测方法,在设计观测系统时,对测线覆盖范围及次数进行论证,在保证勘探目标的前提下,测线优先选取弯曲度小、炮检距小位置。受航道影响造成中心点发散的,数据处理无法按常规的2D共中心点叠加方法,按照共中心点面元定义,取一定范围内共中心点道集叠加为该点反射信号参与数据处理,能够提高剖面质量。

项目野外地震数据采集由中国地震局地球物理勘探中心和中石化石油工程有限公司华北分公司共同完成;数据处理得到长安大学孙渊教授的帮助;两位匿名审稿专家为本文提出宝贵意见,在此一并表示感谢。

参考文献:

- 陈浩林,全海燕,於国平,等. 2008. 气枪震源理论与技术综述(上)[J]. 物探装备,18(4):211-217.
- 陈颢,王宝善,姚华建. 2017. 大陆地壳结构的气枪震源探测及其应用[J]. 中国科学:地球科学,47(10):1153-1165.
- 鄯少英,刘保金,姬计法,等. 2015. 呼和浩特—包头盆地岩石圈细结构的深地震反射探测[J]. 地球物理学报,58(1):1158-1168.
- 鄯少英,刘保金,秦晶晶,等. 2020. 大容量气枪震源陆地反射地震探测——以长江中下游铜陵地区为例[J]. 地球物理学报,58(1):1158-1168.
- 高锐,马永生,李秋生,等. 2006. 松潘地块与西秦岭造山带下地壳的性质和关系——深地震反射剖面的揭露[J]. 地质通报,25(12):1361-1367.
- 顾庙元,姚佳琪,张伟,等. 2016. 地学长江计划安徽实验中低频可控震源地震波的信号提取方法评估[J]. 中国地震,32(2):356

-378.

- 李绪宣,王建花,杨凯,等. 2012. 海上深水气枪震源阵列优化组合研究与应用[J]. 中国海上油气,24(3):1-6.
- 李绪宣,朱振宇,张金森. 2016. 中国海油地震勘探技术进展与发展方向[J]. 中国海上油气,28(1):1-12.
- 林建民,王宝善,葛洪魁,等. 2008. 大容量气枪震源特征及地震波传播的震相分析[J]. 地球物理学报,51(1):206-212.
- 刘保金,鄯少英,姬计法,等. 2017. 贺兰山和银川盆地的岩石圈结构和断裂特征——深地震反射剖面结果[J]. 中国科学:地球科学,47(2):179-190.
- 刘斌,宋智强,段卫星,等. 2015. 地震勘探观测系统成像效果量化分析[J]. 石油地球物理勘探,50(2):207-212.
- 吕庆田,董树文,汤井田,等. 2015. 多尺度综合地球物理探测:揭示成矿系统、助力深部找矿——长江中下游深部探测(sinoProbr-03)进展[J]. 地球物理学报,58(12):4319-4343.
- 吕庆田,侯增谦,赵金花,等. 2003. 深地震反射剖面揭示的铜陵矿集区复杂地壳结构形态[J]. 中国科学:地球科学,33(5):442-449.
- 吕庆田,黄东定,侯增谦,等. 2002. 铜陵矿集区地壳结构的深地震反射成像[J]. 矿床地质,21:1173-1176.
- 秦晶晶,鄯少英,姬计法,等. 2020. 非纵弯线气枪震源陆地反射资料叠加成像[J]. 地震学报,42(5):592-603.
- 邱学林,陈颢,朱日祥,等. 2007. 大容量气枪震源在海陆联测中的应用:南海北部试验结果分析[J]. 科学通报,52(4):463-469.
- 苏金波,王宝善,王海涛,等. 2015. 利用大容量气枪震源资料研究北天山地区介质衰减特征[J]. 地震研究,38(4):598-605.
- 汤井田,周聪,任政勇,等. 2014. 安徽铜陵矿集区大地电磁数据三维反演及其构造格局[J]. 地质学报,88(4):598-611.
- 王宝善,葛洪魁,王彬,等. 2016. 利用人工重复震源进行地下介质结构及其变化研究的探索和进展[J]. 中国地震,32(2):168-179.
- 王宝善,王伟涛,葛洪魁,等. 2011. 人工震源地下介质变化动态监测[J]. 地球科学进展,26(3):249-256.
- 王宝善,曾祥方,宋郑宏,等. 2021. 利用城市通信光缆进行地震观测和地下结构探测[J]. 科学通报,66(20):2590-2595.
- 王宏伟,鄯少英,秦晶晶,等. 2020. 大容量气枪震源陆地反射地震探测技术——以“地学长江计划”铜陵段试验为例[J]. 地震学报,42(5):580-591.
- 王伟涛,王宝善,葛洪魁,等. 2009. 利用主动震源检测汶川地震余震引起的浅层波速变化[J]. 中国地震,25(3):223-233.
- 王伟涛,王宝善,蒋生森,等. 2017. 利用气枪震源探测大陆浅部的地震学研究回顾与展望[J]. 地震研究,40(4):514-524.
- 吴志强,闫桂京,童思友,等. 2013. 海洋地震采集技术新进展及对我国海洋油气地震勘探的启示[J]. 地球物理学进展,28(6):3056-3065.
- 徐晓春,范子良,何俊,等. 2014. 安徽铜陵狮子山矿田铜金多金属矿床的成矿模式[J]. 岩石学报,30(4):1054-1074.
- 杨微,王宝善,葛洪魁,等. 2013. 大容量气枪震源主动探测技术系统及试验研究[J]. 中国地震,29(4):399-410.
- 杨微,王宝善,刘政一,等. 2016. 不同激发环境下井中气枪震源特征

- 研究[J]. 中国地震, 32(2): 231–240.
- 周涛发, 范裕, 袁峰, 等. 2012. 长江中下游成矿带地质与矿产研究进展[J]. 岩石学报, 28(10): 3051–3066.
- Wang B S, Tian X F, Zhang Y P, *et al.* 2018. Seismic signature of an untuned large-volume airgun array fired in a water reservoir[J]. *Seismological Research Letters*, 89(3): 983–991.
- Wang B S, Yang W, Yuan S Y, *et al.* 2010. An experimental study on the excitation of large volume airguns in a small volume body of water [J]. *Journal of Geophysics and Engineering*, 7(4): 388–394.

Application of the Source of Large-volume Airgun to Continental Seismic-reflection Detection

WANG Hongwei, TIAN Xiaofeng, FENG Shaoying, QIN Jingjing, TAN Yali, WEI Xueqiang
(*Geophysical Exploration Center, China Earthquake Administration, Zhengzhou 450002, Henan, China*)

Abstract

In order to explore the potential applications of the source of large-volume airgun to seismic-reflection detection of the structures of the continental crust, the test of airgun source excited by flowing water and received by seismometers for seismic reflection on the bank of the Yangtze River from Chizhou to Tongling in Anhui Province is conducted. The test is to obtain the profile of seismic reflection data below the survey line. The results show that the seismic waves excited by the source of large-volume airgun in the study area are characterized as long propagation distance and deep penetration. The clear first-arrival signal of seismic waves is obtained at the site 13 kilometers away from the shot point, and the continuous reflective layer could be distinguished at 10.5 s TWT, which is presumed to be the Moho interface. In data processing, the output line of the maximum coverage times is selected by comparative experiments. Finally, a clear stacking section is obtained. Due to the influence of observational systems and environmental noise, the test has some defects, such as low SNR of the large-range and deep signals, large divergence of common centerpoint, and lack of shallow coverage. However, the results of this experiment are sufficient to prove that, as a new artificial source, the airgun source can be used for seismic-reflection detection of the inland flowing water.

Keywords: source of large-volume airgun; seismic-reflection detection; common central bin; observational systems