

陈颢、王宝善, 2016, 前言, 中国地震, 32(2), 165~167。

# 前 言

陈颢 王宝善

中国地震局地球物理研究所(地震观测与地球物理成像重点实验室),  
北京市海淀区民族大学南路 5 号 100081

[文章编号] 1001-4683(2016)02-0165-03 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

研究分析地震波中的信息是人类认识地球内部结构的主要途径。利用人工震源激发地震波,便可获得高精度地壳级别及更小尺度的介质结构。人工地震勘探的方法被广泛应用于石油勘探、矿产调查及地球动力学研究等领域。利用人工震源进行地球介质性质的研究可以追溯到 19 世纪 40 年代。比如 Mallet(1846)利用黑火药爆炸激发地震并通过观测水银液面的晃动来检测弹性波,进而测量弹性波的传播速度。虽然当时的信号检测设备简陋,测量误差极大,但是这些早期的探索实验为后来的高精度成像奠定了基础。

得益于雄厚的资金支持,以反射地震勘探为代表的高精度勘探技术和数据处理方法在石油工业等领域得到了长足的发展。与地球动力学问题相关的大尺度结构探测中多使用相对经济的宽角折射勘探,而该勘探中大量使用炸药震源。随着城市化进程和人们对环境问题的关注,由于会对地表产生显著破坏,炸药的使用受到越来越多的限制。

寻找和研发既对环境友好又能高效激发地震波的人工震源已成为地震勘探技术的另一个重要问题。为替代爆炸震源,人们先后发明了多种震源。20 世纪 50 年代美国康菲公司发明了陆地扫频震源(Vibroseis)。与炸药震源不同,这种震源可以产生不同频段的连续振动(Chapman et al, 1981)。为解决海洋石油勘探的震源激发,1968 年美国 BOLT 公司发明了气枪震源。扫频震源和气枪震源目前已经分别在陆地和海洋石油勘探中广泛使用。

石油工业所用震源多数是为了实现相对较小尺度(数千米深度)的高分辨率地震勘探,因而震源激发频率通常较高。由于地球介质衰减效应的存在,高频震源激发的信号很难远距离传播。为了将人工震源应用于更大(比如地壳级别)尺度的结构探测,人们需要发展更低频率的震源(陶知非等, 2011)。利用多支不同容量气枪组合成大型枪阵可以产生较丰富低频,这样的震源也被应用于海洋及近海地壳结构探测(丘学林等, 2007)。

由于人工震源的位置和激发时刻可控,因此也被应用于地下介质变化的监测(Reasenberget al, 1974)。利用人工震源主动激发地震波可以实现对地下介质变化的高精度测量,并有可能观测到与地震孕育过程相关的介质变化(Niu et al, 2008)。

我国的地震科学研究人员在利用人工震源探测地下结构方面做出了大量卓有成效的工作(梁慧云等, 2001)。近 10 年来,以大容量气枪陆地水库激发技术(Chen et al, 2008)为代

表的人工震源探测工作取得了明显的进步。为总结我国相关研究工作的进展并为今后研究提供参考,我们这些共同参与了相关研究的人员,共同倡议并撰写出版了此期以人工震源研究为主题的专辑。本专辑共发表了26篇文章,内容涉及了与国内人工震源探测研究相关的诸多方面。

王宝善等对过去近20年来国内利用大容量气枪震源进行相关研究的进展作了回顾性综述。

2007年陈颢等(2007)提议建设地震信号发射台,以便对地球介质性质的时空演化进行监测。近年来,科研人员分别在云南宾川、新疆呼图壁和甘肃张掖等建成了3个不同模式的固定地震信号发射台。王彬等、苏金波等、张元生等分别对这3个固定地震信号发射台的建设过程作了详细介绍。这3个地震信号发射台的建设经验为今后进行类似的工作提供了很好的借鉴。

认识震源的性质和信号的传播规律是进行地下介质结构探测及变化监测的第1步。杨微等、陈惠芬等、陈佳等、魏斌等、徐逸鹤等从实验数据出发分析了不同环境下激发的气枪震源信号特征;夏季等、董明荣等分别利用理论分析和数值模拟的方法研究了气枪震源的子波特征。这些研究结果有助于更好地理解信号传播规律,优化震源激发模式。

利用人工震源可以实现高精度地下介质变化的监测,而不可避免的震源变化则会对测量结果产生一定的影响。翟秋实等、栾奕等、顾庙元等、武安绪等针对人工震源数据处理流程及遇到的问题进行了深入研究,这些研究为今后数据深入处理奠定了基础。

宾川和呼图壁2个地震信号发射台为最早投入运行的发射台。这2个台站积累大量的数据资料已经逐渐被应用于地震监测预报实践中。王彬等、魏芸芸等分别介绍了这2个信号发射台应用于地震监测预报工作的实效。

大容量气枪震源不仅可以用于地球介质变化的监测研究,也可以用于区域尺度的地壳结构探测。利用气枪震源,研究人员在海洋和海陆边界开展了大量地壳及上地幔结构探测。2015年10月,在中国地震局相关部门的支持下,多家单位联合在长江马鞍山-安庆段进行了大容量气枪移动激发和密集流动台站接收的实验。本专辑中,徐嘉隽等、张海江等、白志明等、张云鹏等、田晓峰等对相关的实验和数据处理情况进行了详细介绍。

除了直接与大容量气枪震源相关的文章外,专辑还收录了其他相关的文章。戴仕贵等、崔仁胜等在文章中介绍了利用精密可控人工震源进行介质变化监测的研究成果。这些成果是人工震源监测地下介质结构变化的重要组成部分。王迪晋等、李杰等报导了在呼图壁地区观测到的与人类活动相关的地表变形特征及其机理。这为在该地区开展的人工震源探测研究提供了重要的约束资料。

总之,我们希望通过本专辑的出版来展示我国人工震源探测工作的研究进展,并对后期的研究工作提供经验和参考。最后感谢各位作者对专辑的贡献,他们在论文撰写和修改过程中付诸了大量的心血,感谢编辑在协调沟通和稿件编辑处理过程中做出的杰出贡献,正是通过大家共同的努力本专辑才得以顺利出版。

## 参考文献

陈颢、王宝善、葛洪魁等,2007,建立地震发射台的建议,地球科学进展,22(5),441~446。

梁慧云、张先康,2001,20世纪90年代中国对地壳上地幔结构的人工地震探测研究,国际地震动态,(10),8~20。

- 丘学林、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, 科学通报, **52**(4), 463~469。
- 陶知非、赵永林、马磊, 2011, 低频地震勘探与低频可控震源, 物探装备, **21**(2), 71~76。
- Chapman W L, Brown G L, Fair D W, 1981, The vibroseis system: A high-frequency tool, *Geophysics*, **46**(2), 1657~1666.
- Chen Y, Liu L B, Ge H K, et al, 2008, Using an airgun array in a land reservoir as the seismic source for seismotectonic studies in northern China: experiments and preliminary results, *Geophysical Prospecting*, **56**(4), 601~612.
- Mallet R, 1846, On the dynamics of earthquakes; being an attempt to reduce their observed phenomena to the known laws of wave motion in solids and fluids, *The Transactions of the Royal Irish Academy*, **21**, 51~105.
- Niu F, Silver P G, Daley T M, et al, 2008, Preseismic velocity changes observed from active source monitoring at the Parkfield SAFOD drill site, *Nature*, **454**, 204~208.
- Reasenber P, Aki K, 1974, A precise continuous measurement of seismic velocity for monitoring in situ stress, *J Geophys Res*, **79**(2), 399~406.

## **Preface to the special issue on advances in exploring and monitoring with active seismic source in China**

*Chen Yong Wang Baoshan*

Key Laboratory of Seismic Observation and Geophysical Imaging, Institute of Geophysics, CEA, Beijing, 100081, China