

三分量海底地震仪记录中横波研究进展

赵明辉¹ 丘学林¹ 夏少红¹ 叶春明² 夏戡原¹

(1. 中国科学院边缘海地质重点实验室, 南海海洋研究所 广州 510301; 2. 广东省地震局 广州 510070)

纵横波联合应用可以得到更多的有关各岩石圈层的岩性、物性等深部结构信息, 将有效降低地壳结构研究中地质解释的多解性。南海最初的声呐浮标与双船扩展剖面探测, 只接收到了纵波信息; 到 90 年代 OBS 和 OBH 相继在南海使用。单分量的海底水听器(OBH)探测, 其单分量的水压检波器悬浮在离海底 1 m 左右的水中, 也不能直接接收到横波信息。随着海洋探测记录水平的不断提高, 先进的三分量海底地震仪(OBS)技术日益成熟, 其接收系统是一种直接放置在海底的三分量速度检波器, 除记录到纵波外, 还能直接记录到由不同速度界面转换来的转换横波信息, 是少有的记录多波信息的探测方法之一。在南海北部通过国际和地区合作共布设有 4 条海底地震仪测线(丘学林, 2003), 利用垂向分量的纵波信息初步提示了南海北部的深部地壳结构特征, 但横波速度结构的研究结果不多, 只在 OBS-1993 剖面中的 OBS9 站位辨识出来自地壳及莫霍面的转换横波震相(阎贫, 1998), 获得了该站位下各层的纵、横波速度及泊松比等岩石层的一维模型参数。夏戡原(2004)曾利用这些信息与东太平洋 Juan de Fuca 板块进行了对比分析。然而, 由于横波转换的复杂性, 横波速度结构研究仍然是南海深地震探测中的研究弱项。在海上实施 OBS 探测时, 人工气枪震源在海水中爆破, 由于液体中的切变模量(刚性系数 μ) 为零, 不能传播横波, 不同于可以直接接收到横波信息的天然地震或陆地爆破地震的深部结构研究。而且海底地震仪记录中的横波是后续震相, 它们往往被提前到达的纵波列所淹没。因此, 横波震相的识别是地震数据处理中最基础的工作之一, 这对于横波速度结构及泊松比等物性参数研究具有重要的意义。

南海东北部 OBS-2001 测线布设的 11 个三分量 OBS, 其地震数据经过数据处理分析后, 以 OBS7 记录数据为例, 运用径向分量与垂直分量折合对比及不同波的运动学特征等方法有效地识别了横波震相的存在, 确定了震相类型与转换模式。首先是对自由落体式海底地震仪记录中的两个水平分量进行了极化处理, 求出极化角, 将两个水平分量的地震记录剖面按极化角旋转为径向分量和切向分量, 并以相同的速度进行折合处理。在地震记录剖面中, 径向分量比垂直分量上更为清晰的震相, 一定是人工气枪震源产生的转换横波震相, 一般表现为到时较慢, 视速度相同或较低。第二步是通过绘制不同时间段的三分量质点运动轨迹图(particle motion), 进一步判断该地震波的运动特性及其振动方向, 确定其是以纵波占主导还是以横波占主导, 从而识别不同的震相。然后, 运用简单的理论模型进行射线追踪模拟, 初步识别横波震相类型与转换模式。在 OBS7 地震记录剖面中, 成功识别了来自地壳与莫霍面的 P_wSg , $PgSs$, $PnSc$, PmS 等几组可能的转换横波震相, 及两种不同转换模式。最后, 将运用 RayInvr 地震程序, 对整个测线剖面中 11 个 OBS 的转换横波震相进行射线追踪模拟, 获得最佳横波速度结构与泊松比结构剖面。虽然 P-SS 模式比 P-PS 模式的转换横波震相在预测地层横波速度时更为直接(Kodaira, 1996), 但在射线追踪模拟中, 每一个震相对其所经过的每层速度与厚度都起到了约束作用, 震相越多, 约束性越强, 对获取精确横波速度结构同样重要。

南海东北部 OBS-2001 测线 11 个 OBS 中, 目前有 10 个 OBS 辨识出转换横波震相, 是南海横波信息最为丰富的剖面之一。这些转换横波震相为横波速度结构与泊松比物性剖面提供了坚实的数据基础, 复杂的二维横波速度结构模拟工作正在进行之中。此次工作获得进步, 不仅可以对深部地壳结构进行较好的地球物理约束, 降低地质解释的多解性, 而且将提高人们对地壳岩石学与地震学关系的理论认识。

本研究由中国科学院创新项目(KZCX3-SW-234)、广东省自然科学基金(5300970)、广东省科技计划项目(2006B37201007)和中国科学院边缘海地质重点实验室基金项目(MSG10604)资助。