

GeoMountain 多波解释软件研发与应用

符志国 黄东山 李忠 陶正喜 何光明

川庆钻探工程公司地球物理勘探公司技术发展中心

符志国等. GeoMountain 多波解释软件研发与应用. 天然气工业, 2009, 29(7): 26-28.

摘要 由于缺乏较为完善的多波解释软件, 使得多波解释工作难以顺利开展。因此研制具有自主知识产权的多波解释软件为三分量地震资料解释提供实用工具, 为多波技术提供研究平台, 填补国内多波软件空白十分必要。在参照引进的商业软件系统和自身探索多波解释方法、技术的基础上, 研究了多波合成记录、层位标定、层位联合对比与匹配, 基于 PP 波和 PS 波反射系数近似公式的 AVO 线性联合反演等关键技术, 以及满足山地地震资料逆断层解释需要的交互方法。以此为基础, 开发了一套二维三分量解释软件, 能完成二维三分量地震资料解释和多波联合反演。应用该软件完成了四川盆广安地区二维三分量地震资料解释, 并进行了目标气层的多波联合反演, 解释了含气范围, 取得明显的效果。

关键词 GeoMountain 软件系统 地震波 多分量 AVO 反演 计算机程序 应用 四川盆地 广安地区
DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.07.008

多波多分量勘探正在国内外开展研究与应用, 川庆钻探工程有限公司地球物理勘探公司先后组织开展了二维、三维多波采集、多波处理与多波解释生产与研究, 并且研发了 GeoMountain 采集系统软件。在多波解释工作中, 从国外引进了少量软件, 但不能形成多波解释的生产规模, 使用期限也受到了很大限制, 并且, 自身特有的多分量联合解释技术、多波联合反演技术不能有效应用。因此, 启动了多波多分量解释系统 GmMCI 的自主研发。经过两年多的努力, 完成了二维多分量解释系统。该多波解释系统作为公司 GeoMountain 综合解释系统的一部分, 与其无缝结合, 在 Windows 和 Linux 系统上均能运行。GmMCI 除具备多波解释必需的多波层位标定功能、PP 波与 PS 波的层位匹配功能外, 还包含一些特有的多波联合解释技术, 能有效地完成整套二维多分量资料的解释工作。在对四川盆地广安地区二维三分量资料解释中取得了明显效果, 实际资料解释效果与商业软件相当, 但自主研发的解释软件系统更稳定, 对山地多波解释的适应性更好, 为我国首家推出的多波解释软件系统。

1 GmMCI 多波解释模块

多波解释系统 GmMCI 是 GeoMountain 解释系

统的一部分, 作为 GeoMountain 解释系统平台的一个插件安装在 GeoMountain 解释系统上, 与常规纵波解释无缝结合, 为解释人员提供了良好的二维多波交互解释功能。GmMCI 包含了多波解释的数据管理模块、可视化模块、交互解释模块、层位标定模块、层位对比匹配模块、断层解释模块、AVO 建模模块、AVO 解释模块、二维井震建模模块、多波联合反演模块。其中多波解释的层位标定模块已融合到常规纵波井解释模块 GmLog 中。

GmMCI 数据管理模块。它具有自身与 GeoMountain 解释系统平台之间数据的交换功能, GmMCI 能使用系统平台数据, 也能将自身数据与系统平台分享。用户的多波解释中能方便地调用所需的各种地震、测井数据。

GmMCI 数据可视化模块。除支持常规地震资料解释, 对纵波地震数据、测井数据进行多种显示外, 更重要的功能是支持多波地震剖面的联合解释, 是人机交互操作、多分量联合解释的主要界面。

GmMCI 交互解释模块。能将多个分量在屏幕上同时显示, 并提供联动解释工具, 将多分量数据之间的对应关系有机地组织起来, 方便解释人员对多个分量的剖面进行特征分析, 波组追踪, 断层和层位的同步解释。

作者简介:符志国, 1977 年生, 工程师, 博士; 现主要从事多波多分量解释与方法研究工作。地址: (610213) 四川省成都市双流县华阳镇华阳大道一段 1 号。电话: (028) 85762510。E-mail: fuxxod@sohu.com

GmLog 层位标定模块。它是多波解释的核心模块之一。能使用井曲线合成记录和利用 VSP 资料完成 PP 波、PS 波、SS 波的层位标定^[1]。

GmMCI 层位对比匹配模块。将 PP 波与 PS 波剖面的层位和断层一一对应起来,对层位进行匹配,对构造形态进行统一,并能用 PP 波与 PS 波层位关系导出层间纵、横波速度比^[2-3]。

GmMCI 断层解释模块。直接支持断层地质概念,不再需要将断层当作层位进行解释,不需将断层上下盘分成两个单独的层位进行解释,方便解释员在更高级的逻辑层面上进行地震地质解释。

GmMCI AVO 建模模块。可使用井曲线合成理论 AVO 道集,支持叠前反演参数建模,支持解释人员进行 AVO 分析。

GmMCI AVO 解释模块。可直接从 PP 波和 PS 波叠前 AVO 道集拾取 AVO 曲线,进行 AVO 解释分析,能为联合反演模块提供 AVO 数据。

GmMCI 二维井震建模模块。具有利用测井、地震层位建立网格化地质模型,为反演提供参数建模资料的功能。

GmMCI 多波联合反演模块。利用 PP 波和 PS 波反射系数的 Fatti 近似公式进行 AVO 线性反演,得到纵波、横波的阻抗变化率参数,是一种定量的 AVO 属性,为储层解释提供更精确的弹性参数^[4-6]。

2 GmMCI 测试

软件测试是软件生命周期中一个非常关键的内容,是软件产品质量的保证手段。因此,在 GmMCI 系统研制开发过程中,测试工作贯穿始终。此外,为了全面测试软件的性能和系统的稳定性、容错性,还对 GmMCI 系统进行了单元测试、模块测试、系统测试。测试资料为广安地区陆上三分量二维地震数据。同时,为更好地了解各模块的使用效果,特别是为了验证某些特殊模块的应用能力,还根据弹性波波方程制作了二维理论模型记录进行精确测试。测试内容主要包括源代码编写的规范性、模块的容错性、系统的稳定性、界面的交互性和友好性、模块的应用效果及文档的完备性等。测试表明,GmMCI 插件系统的各子模块在应用效果上均达到了设计标准,且具有良好的稳定性、界面的交互性、友好性及多用户功能性,符合软件工程规范。

3 GmMCI 解释效果

多波解释首当其冲的问题便是转换波的地质层

位标定。它是多分量解释最为关键的一环,也是国内外公认的一个难点。图 1 是利用 GeoMountain 解释工程师软件在纵波地质层位标定的基础上对 GA2 井进行转换波合成记录地质层位的标定结果。

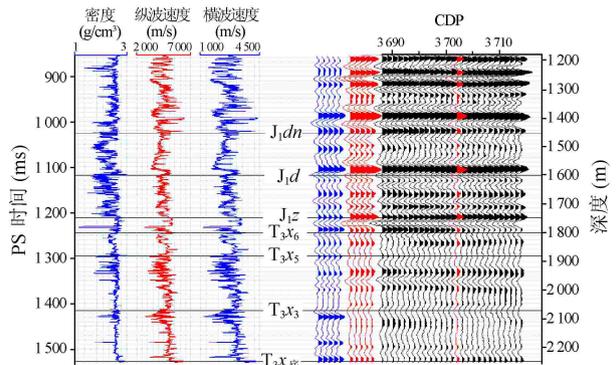


图 1 转换波合成记录层位标定图

在井旁标定层位后,就可以展开整个剖面的对比工作,这与常规解释相同。层位解释完成后,需要做多波解释的特殊解释工作——层位匹配。由于纵波、横波在同一地层介质中的传播速度不同,因此同一反射在时间剖面上纵波和转换波的时间有很大差异,为了更好地对纵波、转换波进行联合地质目标体解释,须对纵波横波进行层位匹配。层位匹配是对纵、横波地震响应较为系统的一个认识过程。图 2 是纵波、转换波层位匹配前后的时间剖面,可以看出,经匹配后纵波、转换波层位得以一一对应。

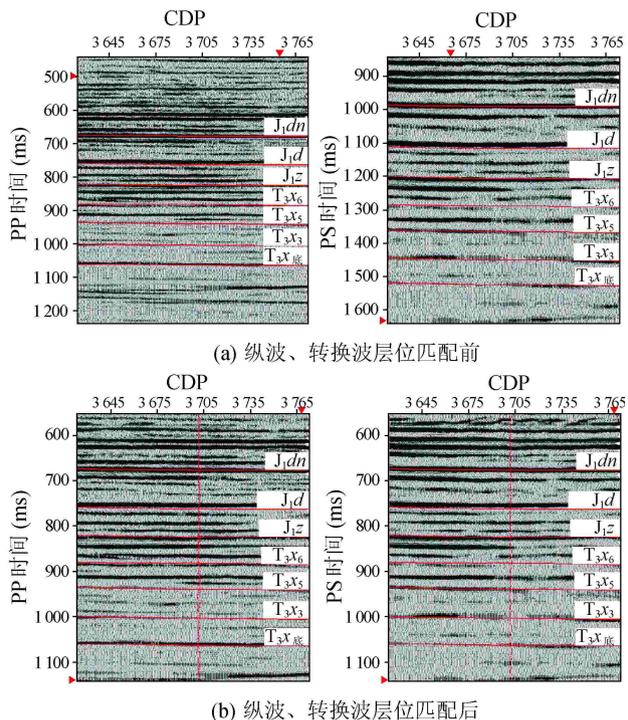


图 2 纵波、转换波层位匹配图

根据同一地层,纵波、横波旅行时的差异,在层位匹配后可以得地层的平均纵、横波速度比。由图 3 可见,砂岩地层速度比大于泥岩速度比,清晰地分辨了砂泥层。

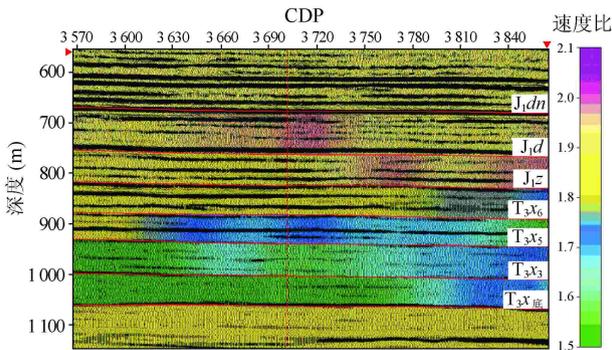


图 3 某测线的纵、横波速度比剖面图

通过匹配的 PP 波和 PS 波剖面就得到了目的层段的 PP 波和 PS 波旅行时的对应关系,这是进行多波联合反演的重要基础。完成多波层位匹配方可进行多波联合反演。多波联合反演采用目的层位的 PP 波和 PS 波 AVO 效应来求取目的层位的弹性参数信息。因此首先拾取出目的层的 AVO 曲线(图 4)。为了将 AVO 曲线转换为 AVA 曲线,利用 PP 波和 PS 波速度谱建立 PP 波和 PS 波的速度场,对速度比进行估计。经 AVO 正演方法对地震数据能量进行调整,最后由目的层顶界面 PP 波和 PS 波的 AVO 曲线反演了盖层与储层的纵波和横波的阻抗

变化率(图 5)。综合工区井资料、地质资料进行分析,再由横向上的阻抗变化率图可见,在 CDP2890 附近特征明显变化,左边的阻抗变化率低于右边的,但提高变化率较为明显反映了目标储层的含气范围,为此套储层的开发提供了依据。

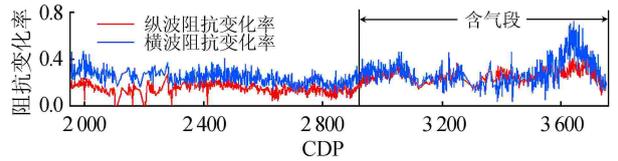


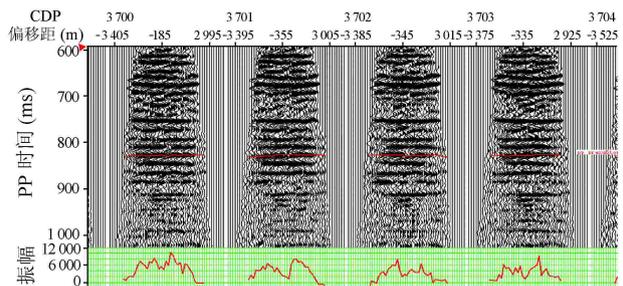
图 5 某测线含气范围解释图

4 结论与认识

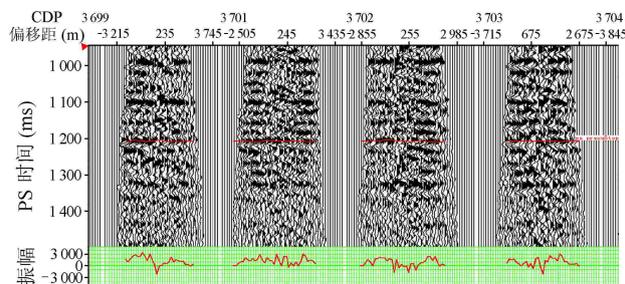
多分量地震勘探利用 PP 波、PS 波等联合研究地下地质情况,是目前正在发展的一种新技术。多波勘探的采集、处理已得到了较大发展,并应用于一些仅仅使用常规纵波不好解决的地质问题。因此研发有效的多波解释技术十分必要,也很迫切。但多波解释又是一个跨学科、多技术领域的前沿性综合课题,许多与此密切相关的新技术、新方法还有待研究、完善和发展。GeoMountain 平台中的 GmMCI 子系统的研制成功及其在广安 2D3C 工区的有效应用,仅仅是中国在陆上多波多分量地震勘探技术研究领域中向前迈出的可喜一步,其功能还须不断完善、充实和扩展,以促进多波勘探的更广泛应用。

参 考 文 献

- [1] 中国地球物理学会.中国地球物理学会第 23 届年会论文集[C].山东青岛:中国海洋大学出版社,2007.
- [2] GAROTTA R,GRANGER P Y,DARIU H.Combined interpretation of PP and PS data provides direct access to elastic rock properties[J].The Leading Edge,2002,21(6):532-535.
- [3] 贺振华,何樵登,黄德济,等.多波资料综合解释方法研究的若干进展[J].矿物岩石,1997,17(4):77-94.
- [4] VEIRE H H,LANDRO M.Simultaneous inversion of PP and PS seismic data[J].Geophysics,2006,71(3):R1-R10.
- [5] 符志国,梁波,吴战培,等.多波叠前联合反演方法[J].天然气工业,2007,27(增刊 A):471-474.
- [6] 黄中玉,赵金州.纵波和转换波 AVO 联合反演技术[J].石油物探,2004,43(4):319-322.



(a) PP 波 CMP 道集 T_{3x6} 层顶界 AVO 曲线



(b) PS 波 CCP 道集 T_{3x6} 层顶界 AVO 曲线

图 4 T_{3x6} 顶界 PP 波、PS 波 AVO 解释图

(修改回稿日期 2009-05-19 编辑 韩晓渝)