

doi: 10.11720/wtyht.2018.0113

刘宜文, 罗勇, 尹丽丽, 等. 淮南复杂山地探区基准面静校正方法与质控策略[J]. 物探与化探, 2018, 42(6): 1209-1214. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.0113>

Liu Y W, Luo Y, Yin L L, et al. Strategy of static correction in complicated mountainous area on the south margin of Junggar Basin[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(6): 1209-1214. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.0113>

淮南复杂山地探区基准面静校正方法与质控策略

刘宜文, 罗勇, 尹丽丽, 郭琪

(中国石化新疆油田公司勘探开发研究院 地球物理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830013)

摘要: 准噶尔盆地南缘山地及山前带由于岩性及构造复杂多变, 造成近地表速度、厚度纵横向变化剧烈, 给该地区的静校正工作带来极大困难。要解决好山区复杂构造地震资料成像, 一是要消除引起非同相叠加的地震道间高频时差, 二是要控制好静校正的中长波长分量, 确保构造位置和构造高点的准确性。为改善南缘复杂山区成像, 对现有静校正方法的应用条件、适应能力进行分析研究, 提出多信息约束层析反演与初至波剩余静校正结合, 并针对过程和结果进行定性和定量分析评价的整体策略, 发挥不同静校正方法、不同基础资料特点, 在准噶尔盆地南缘山地取得了良好效果。

关键词: 近地表; 复杂山地; 静校正; 质控; 层析; 初至波剩余静校正

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2018)06-1209-06

0 引言

目前的各种静校正方法都是基于这样一个前提, 即各种方法的成立, 首先要满足该方法应用的假设条件。如折射反演静校正方法, 需要地下有一个相对比较稳定折射界面, 显然这一假设前提在近地表结构复杂的山区难以满足^[1-4]。层析反演方法虽然条件放宽了很多, 不需要对反射或折射界面做任何假设, 但其所得模型是一个基于旅行时的等效速度模型, 不加约束控制难以得到与实际地质结构吻合的近地表模型。目前所有这些基准面静校正方法都有一个共性, 即满足地表一致性假设前提, 目的是简化静校正方法, 使它难以实现的非线性问题简化为容易求解的线性问题。这一假设通常在近地表结构简单的戈壁、沙漠区基本满足, 但山地近地表地震波波场复杂, 导致同样的静校正方法在复杂山区问题突出。

文中分析了复杂山地近地表结构对地震数据成像的影响因素, 根据对初至波基准面静校正和初至波剩余静校正方法的认知, 提出了多信息约束的层

析反演与初至波剩余静校正结合的方法, 取长补短, 并利用多信息对模型和静校正量成果进行定性与定量评价, 使其在满足地震波精确成像的同时也保证了构造形态的可靠性。

1 山地静校正影响因素

准噶尔盆地南缘山地近地表的变化使得地震波场非常复杂, 各种噪声发育, 信噪比很低, 在叠前的道集上难以见到有效反射, 地震波场准确成像是首要问题^[5-9]。地表引起的道间时差破坏了多次覆盖同相叠加成像, 要消除这些道间时差, 才能使来自同一反射点的信息聚焦成像。目前在地震资料处理之前, 首先通过基准面静校正的方法消除这些道间时差, 实现同相叠加, 但效果往往不理想, 除了信噪比太低对成像的影响之外, 主要原因是静校正方法不能解决的非地表一致性问题。引起这种道间时差的因素很多, 主要有近地表高程、低降速带结构、观测方式、目的层埋深等。由于道间时差是时变的, 未知的参数多, 算法难以实现。依靠单一的静校正方法

收稿日期: 2018-03-16; 修回日期: 2018-09-24

基金项目: 国家科技重大专项(2016ZX05003-005)

作者简介: 刘宜文(1983-), 男, 工程师, 2004年毕业于江汉石油学院应用物理系专业, 现主要从事地震资料处理和表层模型反演与静校正计算研究工作。Email: lyiwen@petrochina.com.cn

无法完全解决山地复杂近地表结构引起的道间时差问题,只能消除近似地表一致性的时差。

山区的地震勘探不仅近地表结构多变,地下地质构造往往也非常复杂。准噶尔盆地南缘勘探一直存在构造圈闭难落实的问题,圈闭或者构造高点随着每轮的钻探似乎在动态的漂移,这些现象被地质学家或物探学家戏称为圈闭带“轱辘”。故对于山区的地震资料更关心的是构造高点的空间位置。构造高点空间位置的偏差除了构造成图的转深速度影响外,也取决于基准面静校正的中、长静校正分量的误差。剩余静校正方法能够有效解决剩余的短波长静校正分量,对于长波长静校正分量则无能为力。

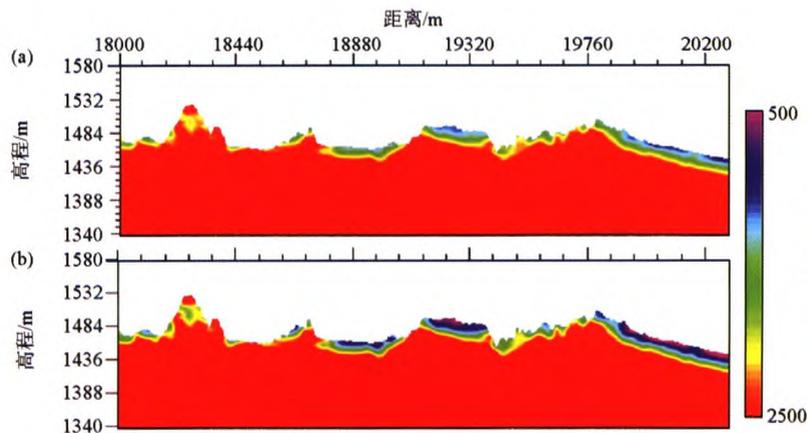
2 山地复杂探区静校正方法与思路

目前主流的静校正方法主要有基于近地表调查点的分层建模法、基于初至时间的折射或层析反演方法,以及在应用基准面静校正后利用初至时间计算的初至波剩余静校正法等。根据方法自身原理,显然分层建模法不适合于复杂的山地静校正;折射静校正方法理论上适合层状结构的近地表模型,要求有稳定的折射界面,这些条件在复杂的山地很难满足,但实际应用证明,求解静校正短波长分量的能力还不错,但在实际应用过程中由于较难控制折射界面的空间变化而容易引入中、长波长静校正问题;层析静校正方法从理论上来说对近地表结构没有任何假设,通过模型的正演求解反问题,得到深度—速度模型,但这个对模型无假设条件的方法相对折射方法并没有突显出优势,可以说解决静校正短波长分量的能力相当,但由于在反演过程中考虑了所有初至旅行时,对模型的空间变化趋势和中、长波长静

校正问题的解决具有一定的优势^[10-18];初至波剩余静校正^[19-20]不依赖近地表模型,对资料信噪比也没有特定要求,只是通过初至时间计算剩余静校正量,能对基准面静校正的中、高频量进行有效的补充。因此,在准噶尔盆地南缘复杂山地区,解决静校正问题的主要技术策略是利用初至时间进行层析反演,校正部分道间时差与控制区域内的中、长波长精度,并在其后利用初至波剩余静校正技术求取中、高频剩余静校正量,使整体静校正精度达到最优。其具体应用思路可分为以下两个环节。

1) 基于多信息约束的初至波层析反演,控制中、长波长静校正问题。多信息约束是指利用所有准确可靠的基础资料对层析反演过程进行约束和质控,此类信息包括近地表结构调查成果(主要为微测井)、野外地质露头剖面、以往表层结构剖面等。在层析反演前,综合应用多种基础成果信息建立区域内符合实际地质结构的表层结构模型,将此模型作为层析反演的初始模型,并建立约束权重场。在反演过程中,模型权重越大其迭代修改程度越小,反之亦然。因此,在初始模型权重场的约束下,最终层析反演所得模型在极浅层将与原始成果吻合,模型整体空间变化也符合表层实际地质结构,所得长波长静校正精度可靠。图1为南缘复杂山地探区中QG-BX3D无约束与多信息约束层析反演的表层模型对比,其多信息约束层析反演模型(图1b)比无约束层析反演模型(图1a)更加精细地刻画了地表风化层的速度、厚度空间变化规律,与实际地质露头信息和微测井成果吻合,成果中、长波长静校正精度可靠性更高。

2) 综合应用初至波剩余静校正方法,提高中、短波长静校正精度。初至波剩余静校正技术是在应



a—无约束层析反演;b—多信息约束层析反演
图1 QGBX3D 初至波层析反演模型对比

用野外基准面校正之后进行剩余量计算,其技术特点是不依赖反射波信噪比、不反演近地表速度模型、对静校正量值的大小没有限制等。根据这些特点,基本可以应用初至波剩余静校正技术对淮南山前复杂地表区的野外基准面静校正量进行一个中、高频补充,使整体静校正量精度有效提高。现阶段较为常用的初至波剩余静校正方法有模型曲线法和差分法两种。模型曲线法是利用给定搜索区域内的初至时间—偏移距散点图进行统计拟合建立模型道,并假设模型道初至时间与实际初至时间之间的差为该道的炮点和检波点剩余静校正量之和,并将此和在共炮点道集和共检波点道集内进行地表一致性分解,从而得到每个炮、检点的剩余静校正量,此方法可计算相对较大的剩余量。差分法是假设给定区域内存在稳定的折射界面,利用折射波视速度对初至时间进行线性校正后,相同炮点的不同检波点初至时间差为两道剩余静校正量之差,且共炮点道集内所有检波点剩余静校正量之和为零,据此通过求解大型方程组获得每个检波点的剩余静校正量,同理也可得到每个炮点剩余静校正量。差分法能获得较高精度的高频剩余量,对整体静校正高频静校正量精度起到至关重要的作用。

在实际应用过程中,可综合应用两种初至波剩余静校正方法,其目的是将实际生产应用条件逐步逼近假设前提,且可针对性地解决不同范围的剩余静校正问题,整体应用流程见图 2。图 2 中分方向建立模型道的目的是为了规避不同方向速度变化对搜索范围内的模型道统计拟合精度的影响,筛选同一折射界面的初至波时间是为了尽可能满足差分法

的应用假设,使最终结果可靠。值得注意的是,模型曲线法和差分两种初至波剩余静校正方法均具有一定的统计与平均效应,因此在应用过程中的搜索统计半径、滑动步长、剩余静校正量极限值等参数就尤为重要,需要针对工区表层结构特征和基准面静校正应用效果进行综合判断,并在多次剩余静校正计算过程中逐步调整。图 3 为南缘复杂山地探区中 QG-BX3D 经过多轮初至波剩余综合计算并应用后的叠加效果对比,应用初至波剩余静校正后的叠加剖面(图 3b)比只应用层析模型静校正(图 3a)的成品质更好,其背斜构造同相轴连续光滑,更加聚焦,反映经过初至波剩余静校正后其静校正高频精度获得大幅提高。

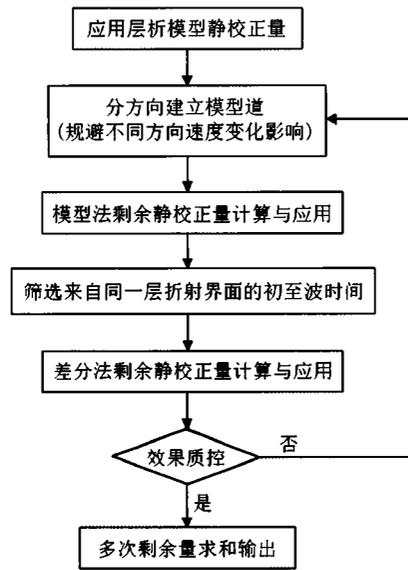
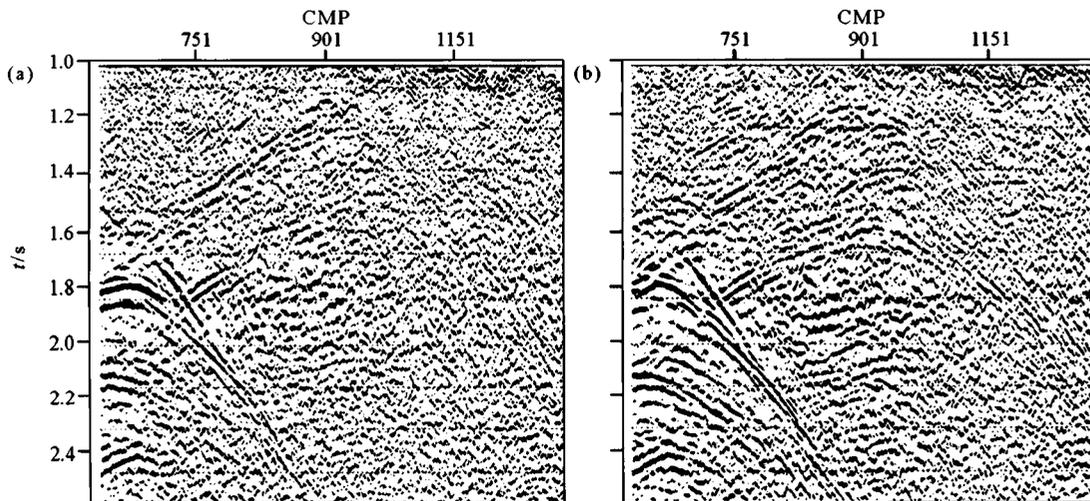


图 2 初至波剩余静校正计算流程



a—应用层析模型静校正量;b—应用层析模型与初至波剩余静校正量

图 3 应用不同静校正前后叠加效果对比

3 山地复杂探区静校正质控策略

根据南缘山地复杂探区的地震成像要求,基准面静校正的主要作用体现在消除引起非同相叠加的地震道间高频时差和确保构造位置和构造高点的准确性等两个方面,因此对基准面静校正量的精度就需从短波长和中、长波长两个方面进行定性和定量的评价。对于短波长静校正分量,可从应用静校正前后的共炮点道集、共检波点道集和叠加成像效果进行定性的分析与评价。而对于中、长波长静校正分量,则需要针对模型和静校正量进行定量标定,确保空间变化关系的准确性,其质控流程见图4。

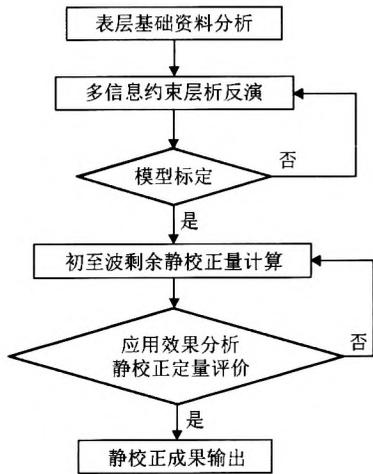


图4 基准面静校正环节质控流程

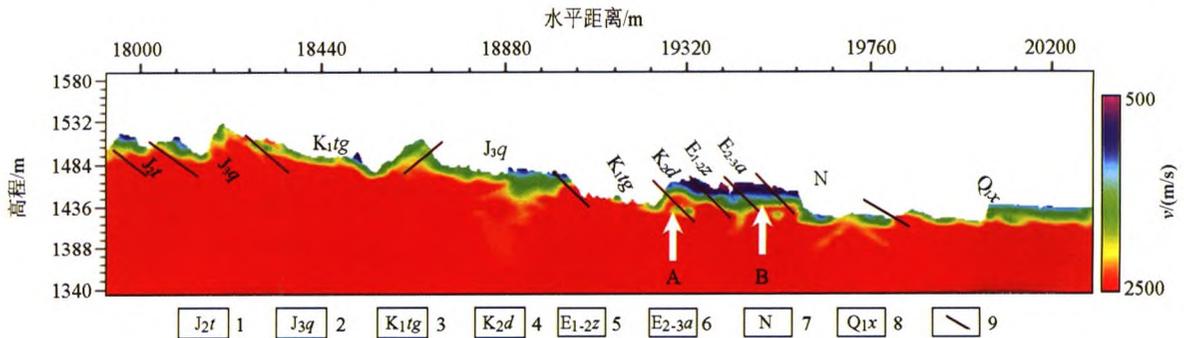


图5 南缘QGBX3D层析反演表层模型地质“带帽”对比分析

程虽然不能对模型空间变化趋势产生影响,但对控制点处的静校正量会产生一定的改变。且在初至波剩余静校正计算环节,不同的初至散点范围、线性拟合滑动步长、剩余静校正量极值范围等参数对也静校正量的改变有较大影响。因此,为保证最终静校正中、长波长分量精度,对整体静校正量应用效果定性评价的同时,仍需对其进行定量的标定,已确定在

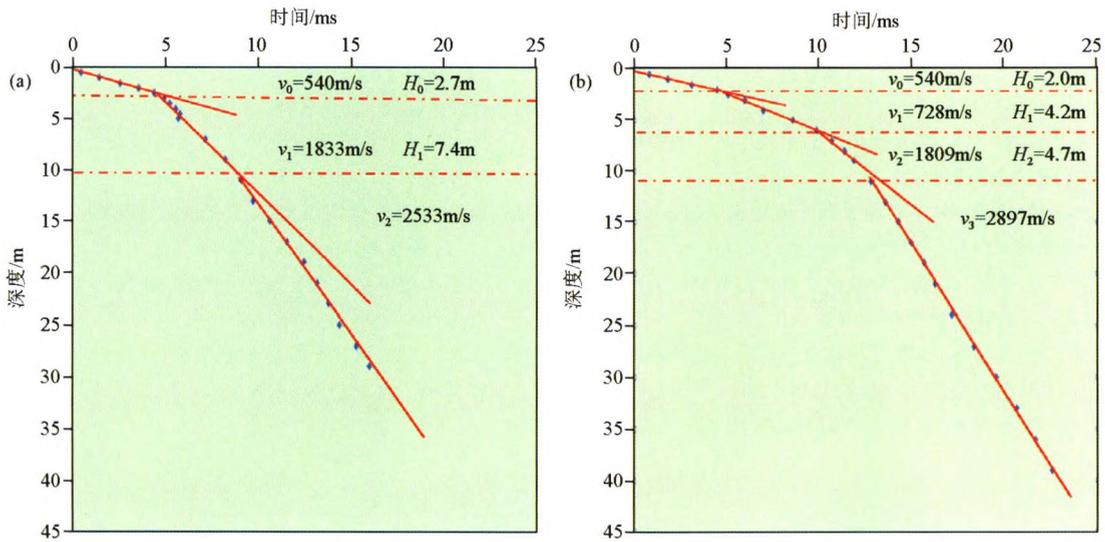
1)地质“带帽”与微测井成果对表层模型定性标定。由于南缘山地多为第三系、白垩系、侏罗系岩层出露,不同岩层其厚度、速度纵横向变化大,因此利用地质露头剖面对模型进行地质“带帽”对比,能较清晰的分析模型空间变化趋势是否符合实际地质结构,对表层模型的准确性能起到一定的判断。在此基础之上,利用微测井速度、厚度成果对模型进行标定,就能对模型精度进行准确的评价。

图5为南缘QGBX3D层析反演表层模型地质“带帽”对比分析结果,图中表层速度、厚度横向变化较大的有A、B两处:A点为白垩系出露地层,表层只有风化层无降速层;B点为第三系地层,含有风化坡积物、砾石,速度相对较低,同时具有低速层和降速层,表层露头与地质剖面吻合。结合A、B两点处的微测井成果(图6)来看,在1800 m/s的速度层之上,A点只含有速度为540 m/s的风化层,而B点风化层和降速层同时存在,且各层间的厚度横向变化关系与表层模型的速度、厚度空间变化关系一致。因此,从地质“带帽”和微测井成果标定分析来看,该区层析反演模型符合实际地质结构,模型精度可靠。

2)微测井单点静校正对相邻炮、检点静校正定量标定。现阶段,由于受山地与山前近地表结构复杂等应用条件的限制,为保证反演收敛和反演效率,约束层析反演还不能满足绝对条件约束,在其反演过程中将对约束控制点进行一定程度的平滑。此过

空间范围内没有因为反演与计算参数的不合适引入中、长波长静校正问题。

微测井静校正量对相邻炮、检点静校正量的定量标定,是在排除两者之间的距离、高差、井深等容易引起相邻点静校正差的因素基础上,计算微测井与相邻炮、检点的静校正量误差,并结合工区地表卫片、主要构造目标区等信息进行平面分析。通过误



a—图 5 中 A 点处微测井;b—图 5 中 B 点处微测井

图 6 模型变化区域微测井时深曲线与成果

差平面分布,判断存在的误差是否能引起地质目标的改变,如果存在,则需调整相关反演与计算参数,对结果进行修正。图 7 为南缘 QGBX3D 最终静校正与相邻微测井点的标定误差平面分布,在主体构造目标区最大误差小于 8 ms,满足南缘复杂山地综合地质研究需求,静校正量精度可靠。

成果的基础上,利用多信息约束的层析反演获取可靠的中长波长静校正量,确保构造形态可靠;利用多种初至波剩余静校正方法的综合应用,获取高精度的短波长静校正量,改善叠加成像效果,并在过程中针对各成果进行定性与定量的评价分析,使最终结果准确可靠。此静校正方法应用和质控策略在准噶尔盆地南缘复杂山区经过区块应用后获得了显著的成像效果,对其他复杂区域存在一定的借鉴意义。

2)对于山地复杂近地表地区的静校正,即便是有条件完全弄清楚近地表模型的结构和速度厚度变化规律,也不可能把近地表对地震波场的改造完全校正过来,基准面静校正后的地震波场并不等效于实际基准面上观测的地震波场。

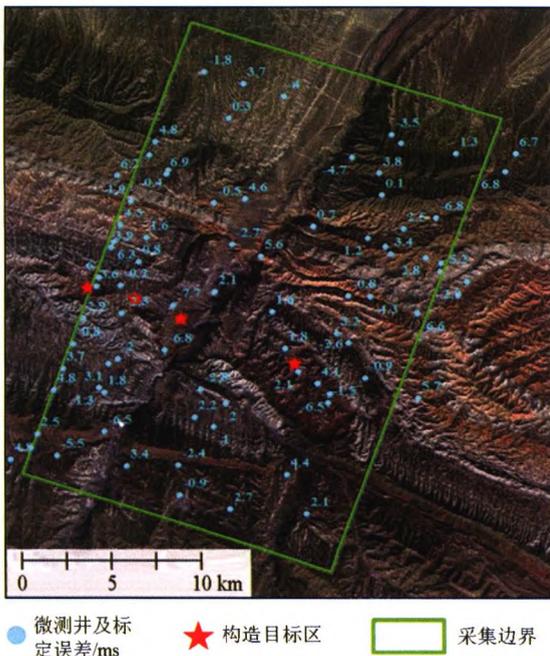


图 7 南缘 QGBX3D 最终静校正标定误差平面分布

参考文献:

- [1] 郑鸿明,吕焕通,姜兵,等.地震勘探近地表异常校正[M].北京:石油工业出版社,2009:7-14.
- [2] 薛为平,其其格,梁英,等.折射延迟时与时深曲线反演模型法静校正技术[J].新疆地质,2011,29(1):249-251.
- [3] 王彦春,余钦范,段云卿,等.折射波静校正方法在复杂地表地区的应用[J].物探与化探,1999,23(6):428-434.
- [4] 文雪康,刘胜,李世琼,等.层析法在黄土塬区近地表结构调查中的应用[J].物探与化探,2012,36(5):766-771.
- [5] 邓志文.复杂山地地震勘探[M].北京:石油工业出版社,2006:4-7.
- [6] 薛为平,梁英,刘治凡.准噶尔盆地特殊地表的静校正应用[J].新疆地质,2005,23(1):82-85.
- [7] 张亚斌,杜贤,孔剑冰,等.复杂山地低信噪比地震资料处理方法[J].物探与化探,2005,29(1):34-36,40.
- [8] 刘江平.地震共中心点道集的瞬时基准面静校正和动校正[J].物探与化探,1997,21(1):15-22.

4 结论与认识

1)文中介绍的静校正方法是在应用多种表层

- [9] 尹奇峰,潘冬明,夏暖,等.地表一致性静校正量误差分析[J].物探与化探,2011,35(6):785-788.
- [10] 刘玉柱,董良国.初至波层析影响因素分析[J].石油地球物理勘探,2007,42(5):544-553.
- [11] 韩晓丽,杨长春,麻三怀,等.复杂山区初至波层析反演静校正[J].地球物理学进展,2008,23(2):475-483.
- [12] 林伯香,孙晶梅,徐颖,等.复杂地表条件静校正中的3D表层速度层析反演研究[J].石油物探,2005,44(5):454-457.
- [13] 林伯香,肖万富,李博,等.层析静校正黄土塬弯宽线资料处理中的应用[J].石油物探,2007,46(4):417-420.
- [14] 李敏杰,刘玉增,孟祥顺,等.陕北富县黄土塬区三维地震资料处理技术[J].石油物探,2012,51(3):285-291.
- [15] 杨文军,段云卿,姜伟才,等.层析反演静校正[J].物探与化探,2005,29(1):41-43.
- [16] 李锋,曾庆才,吕金博,等.西部复杂地区地震资料处理方法[J].物探与化探,2004,28(2):159-163.
- [17] 何新贞,尚新民,王常波,等.复杂地表及地下地质条件下地震资料处理中的若干重要环节[J].物探与化探,2004,28(5):453-456.
- [18] 侯建全,王建立,孟小红.适合于复杂地表条件下静校正处理技术[J].物探与化探,2002,26(4):307-311.
- [19] 刘连升.约束初至拾取与初至波剩余静校正[J].石油地球物理勘探,1998,33(5):604-610.
- [20] 李录明.动校前初至波自动剩余静校正[J].石油地球物理勘探,1989,24(2):179-186.

Strategy of static correction in complicated mountainous area on the south margin of Junggar Basin

LIU Yi-Wen, LUO Yong, YIN Li-Li, GUO Qi

(Geophysical Research Center, Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Urumqi 830013, China)

Abstract: The dramatic changes of near-surface velocity and vertical as well as lateral thicknesses that result from complicated lithologies and structures in the mountain areas and mountain front of the southern margin of Junggar basin bring great difficulties to the static correction in this area. For the purpose of solving the problem of seismic data imaging in mountain areas, high-frequency time difference between seismic traces must be eliminated to avoid out-of-phase stacking, and medium-long wave length components in static correction must be controlled to ensure the accuracy of the structure location and structural height. The application conditions and adaptability of existing static correction methods were analyzed and studied to improve imaging quality in the mountain areas of the southern margin. A new set of ideas for decomposition and reconstruction of long and short wavelength components were presented according to static correction values, the advantages of different static correction methods could be taken and good effect was obtained in the mountain areas on the southern margin of the Junggar basin.

Key words: near surface; complex mountain area; static correction; quality control; tomography; primary-wave residual

(本文编辑:叶佩)