文章编号: 1001- 3873(2008) 01- 0102- 04

电阻率测井及瞬变电磁法在表层结构研究中的应用

赵 峰[1], 李献民[2], 彭 勇[3], 覃朝安[4]

(1.中国石油 新疆油田分公司 石油工程监督中心, 新疆 克拉玛依 834000; 2.中国石油 新疆油田分公司 勘探公司, 新疆 克拉玛依 834000; 3.新疆测井公司, 新疆 克拉玛依 834000; 4.东方地球物理公司 北疆实业部, 乌鲁木齐 830011)

摘 要: 表层结构研究的目的, 是通过对地震勘探区内地表及近地表沉积物质速度和厚度的变化分析, 建立相应的表层结构深度- 速度模型, 从而求取各观测点的静校正量, 以消除地表及近地表速度和厚度变化对地震记录相邻道产生的静校时差。虽然非地震技术获取的数据不能直接用于表层结构深度- 速度模型的建立, 但可以利用与岩性有关的非地震物性参数刻画地表及近地表地质体的变化规律, 从而建立地表及近地表地质模型, 在此基础上, 利用地震微测井和小折射等数据建立地表及近地表深度- 速度模型。这种方法, 其静校正量的求取具有唯一性。

关键词: 准噶尔盆地; 沙丘; 静校正; 电阻率; 瞬变电磁法; 速度; 模型

中图分类号: P631.325 文献标识码: A



常规静校正方法是在地震作业区内选取控制点, 运用小折射和地震微测井等方法获取控制点下地表及近地表介质的时间、深度或速度信息, 建立相应的深度- 速度模型, 进而分别求取各观测点静校正的低、降速剥离时间量和充填时间量, 以消除由于地表及近地表介质纵、横向的不均匀在相邻地震道产生的不同波长静校时差。深度- 速度模型的建立基于控制点的数据, 控制点之间的数据由内插得到。通常情况下, 在建立地表及近地表深度- 速度模型时只考虑其地球物理中深度、速度和时间的变化。地表及近地表介质的地球物理特征往往取决于表层结构地质体的岩性变化, 不同地质体的表层结构具有不同的地球物理特征。因此, 要解决静校正问题, 首先要对地震作业区地表及近地表结构的地质特征进行分析、研究, 建立相应的地质模型, 在此基础上, 将地质信息与地球物理信息有机结合, 才能建立准确的地表及近地表深度- 速度模型, 进而求取其相应的静校正量。

1 产生静校时差的原因

1.1 静校时差的地质成因

(1) 地表及近地表未胶结沉积物质 准噶尔盆地形成的绝大部分地区表层覆盖着一层未被胶结的第四纪陆相水成和风成沉积物质。这些沉积物纵、横向分布的不均匀性, 造成了盆地地表及近地表结构物理性质的变化, 这种变化给地震勘探带来了诸多问题, 它不仅严重地吸收了反射地震波传播过程中的中、高频信息, 使地震波能量及频率迅速衰减而无法获取深层地震反射波信息, 同时, 由于地表未胶结沉积物质具有低纵波传播速度特性, 加之横向分布不均匀以及纵向厚度的变化, 致使地震记录来自同一地层的反射波在相邻记录道产生不同的时间延迟。这种时间延迟表现为各种不同波长静校正时差(时间延迟) , 其高频分量影响地震反射波的叠加成像效果, 而低频分量甚至可以扭曲地下地质构造形态。

(2) 地表风化层 由于地壳运动, 使老地层出露地表, 形成一厚度不等的风化层。这种风化层也具有低速特征, 并且产生静校时差。地表风化层多分布于山区的地质露头区。

(3) 地形起伏 在盆地四周的山区老地层出露地带以及火成岩覆盖地区, 在地表及近地表虽无低速沉积物, 但地形起伏变化较大, 也能产生静校时差。

1.2 静校时差的地球物理成因

表层及近地表物质的地质结构变化, 在地球物理上表现为地震纵波速度或传播时间的变化。由于各层速度及相应厚度的不均匀性, 地震波在传播时产生时间延迟, 地震记录表现为同一反射波或折射波相邻接收道有跳跃或扭曲现象, 不同波长的静校正具有不同时差形态[1]。

不同类型表层及近地表的物质结构的地质体具

收稿日期: 2007- 01- 10 修订日期: 2007- 06- 22

作者简介: 赵峰(1960-) , 男, 河北安平人, 高级工程师, 硕士, 应用地球物理。(Tel) 0990- 6878692(E- mail) zhaofeng_xj@yahoo.com.cn.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

有不同的地球物理特征，这种地球物理特征的变化决定了采用什么样的方法来消除静校正问题。因此，有必要对准噶尔盆地表层及近地表结构的类型进行研究、划分。

2 表层电阻率测井数据在表层结构研究中的应用

非地震技术方法所获取的近地表物理数据中往往包含大量的地质信息，这些数据可以用于表层结构的分析和研究。

表层电阻率测井用于测量不同深度岩层的电阻率，分析电阻率与井壁岩性的相对关系，确定表层套管的下入深度，以避免井壁坍塌、漏井等事故的发生，同时减小钻井泥浆与地下水层的相互污染。

表层电阻率测井曲线反映的是井壁周围岩性的电阻率变化。准噶尔盆地是一个典型的陆相沉积盆地，大部分地区地表及近地表均为非胶结或半胶结沉积物质覆盖，成岩性较差，相应的电阻率变化也非常大，这种变化有利于对近地表结构特征的研究，更利于静校正计算时低降速层的准确划分。

2.1 表层电阻率测井曲线特征

陆 9 井位于准噶尔盆地陆梁地区，地表为沙漠所覆盖。与盆地腹部沙漠不同，陆 9 井区周围地表为非流动的板结沙。该井的表层电阻率由浅至深变化特征明显（图 1a），根据其值的大小，基本上可分为 4 段。

（1）低阻值段　井深为 0~8 m，电阻率呈低阻分布，为 0.8~1.4 Ω·m 尽管地表为板结沙，由于钻井期间钻头和泥浆的作用，原有的板结沙结构已经被破坏，因此该深度段呈低阻形态。

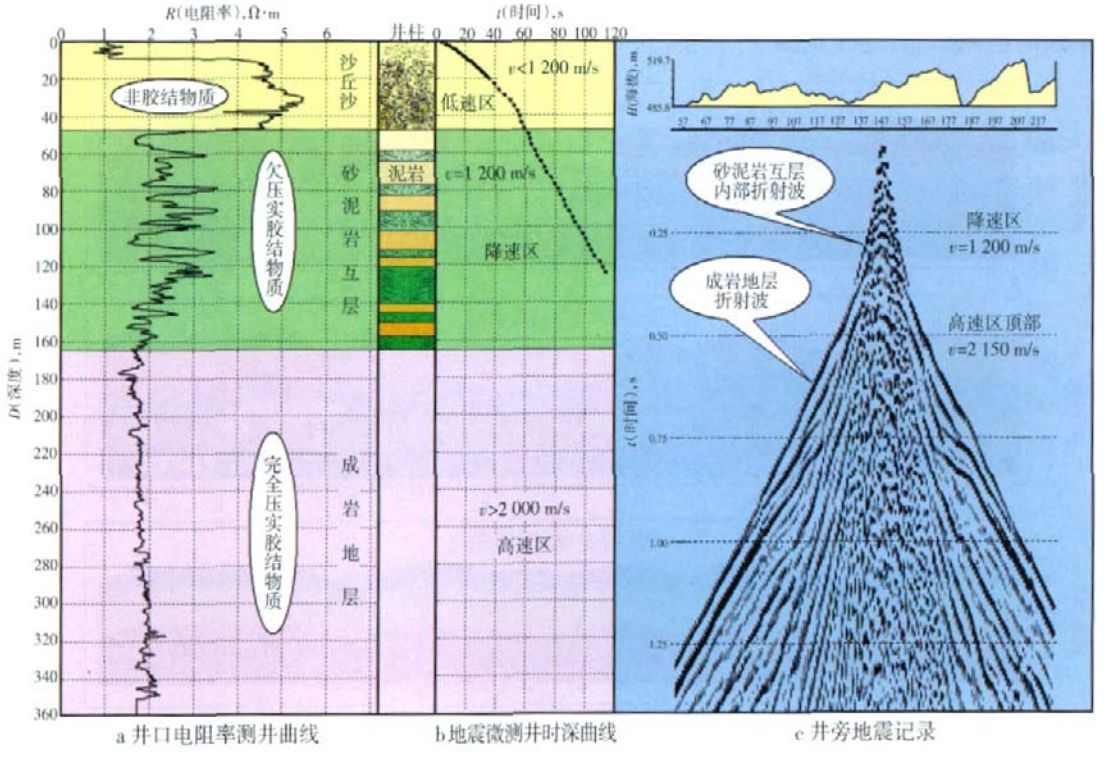


图 1　陆 9 井地表及近地表结构综合分析

（2）高阻值段　井深为 8~50 m，电阻率呈高阻分布，变化相对平稳，为 4.6~5.5 Ω·m，平均阻值为 4.8 Ω·m 在这个深度段，地震微测井的岩性取样为沙丘沙，为非胶结风成沉积物，其时深曲线呈非线性关系（图 1b），即随深度的增加，地震纵波的波速呈非线性增大。该阻值段具有准噶尔盆地沙丘沙电阻率的典型特征。

（3）中阻值段　深度为 50~165 m，电阻率变化相对剧烈，呈变化参差不齐的锯齿状，为 1.5~3.5 Ω·m，平均 2.5 m，与高阻值段有明显的阻值差。虽然地震微测井设计井深只有 125 m，并未钻穿该层段，但岩性对比和分析得出结论，该段为砂岩和泥岩交互地层，呈胶结状态。由于尚未得到充足的压实作用，其纵波平均速度较低，仅为 1 200 m/s.

（4）低阻值段　深度为 165 m以下，电阻率变化相对平缓，平均在 2.0 Ω·m以下，与中阻值段有明显的阻值差。该层段为成岩地层，纵波速度大于 2 000 m/s.

表层电阻率测井曲线，精确地刻画了不同深度地质体的岩性变化，这为地震勘探期间建立表层结构地质模型提供了可靠的依据，同时也为后续的近地表地球物理模型的建立提供了依据。

2.2 地表及近地表地球物理特征

陆 9 井区 0~50 m深度之间为沙丘沙，其速度随

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

深度增加呈非线性变化；在 50~125 m，是一套砂、泥岩交互地层，平均速度在 1 200 m/s 左右。沙丘沙与下伏砂、泥岩交互层之间是明显的地质分界面，同时也是强波阻抗界面，因此，在陆 9 井过井地震记录上可以看到砂、泥岩互层内部的折射波（图 1c）。砂、泥岩互层以下是成岩地层，其电阻率变化相对稳定，由于砂、泥岩互层与成岩地层之间是一个非常强的波阻抗界面，在地震数据记录上其折射波能量较强，波形和折射波速度相对稳定，其速度为 2 150 m/s 左右（图 1c）。

3 瞬变电磁技术在表层结构研究中的应用

与地震勘探方法相同，瞬变电磁勘探是根据需要在地表设计一条测线，并在测线上均匀地布置观测点，运用瞬变电磁方法获取各观测点地表及近地表不同深度地质体的电阻信息，连续观测便得到瞬变电磁电阻率剖面。

表层结构瞬变电磁勘探试验选在陆 9 井南部的沙漠地带，距陆 9 井约 20 km，测线为东西方向，测点间距为 100 m，其目的是通过连续观测，获得地表及近地表结构的电阻率剖面，然后利用地震微测井的岩性和速度信息进行层位标定，分别建立相应的地质模型和速度模型。

（1）瞬变电磁电阻率特征　从瞬变电磁电阻率数据最终处理的结果分析和对比可以明显看出，该区近地表地层在瞬变电磁电阻率剖面上呈高电阻率状态（图 2a），虽然阻值变化不大，但在横向上的分布很不均匀，即横向上反映的厚度变化比较大，这是准噶尔盆地沙漠地区沙丘沙电阻率的典型特征；下伏地层电阻率为高阻、低阻交互状态，横向呈层状分布，且不均匀；而更深的地层，则呈低阻状，电阻率相对稳定。

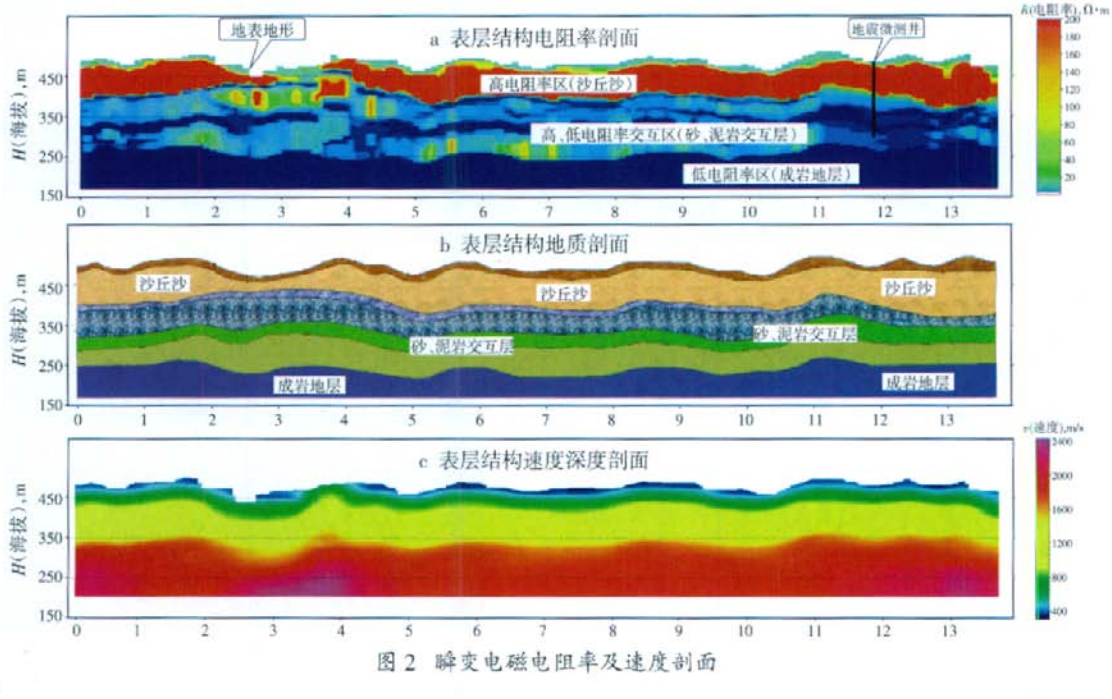


图 2　瞬变电磁电阻率及速度剖面

（2）地表及近地表地质结构特征　电阻率的变化反映的是地层岩性的变化。利用地震微测井的岩性信息，通过反演，便可得到相应的地质模型（图 2b）。该区地表为非胶结的沙丘沙，是典型的风成沉积物，其厚度在横向上变化较大，底界起伏不平。下伏地层为砂、泥岩交互层，呈胶结状，地层的厚度在横向上分布不均匀，由于地震微测井未打穿砂泥岩交互层，其底界是根据瞬变电磁电阻率的变化而确定的。砂泥岩交互层的下伏地层为完全成岩地质体。

（3）地表及近地表结构地球物理特征　利用地震微测井的时深关系，通过反演，便可得到相应的速度模型（图 2c）。陆 9 井南部沙漠区地表为沙丘沙，相应的地震微测井时深关系曲线的时间随深度增加呈非线性增大（图 3a，深度 0~75 m），呈连续介质状态，相邻时间点无明显的摆动现象，即这个深度段的曲线比较光滑。在深度 75~120 m之间为砂、泥岩交互地层，速度是 1 125 m/s，相邻时间点有摆动现象，虽然沙丘沙与下伏砂、泥岩交互层之间是明显的地质分界面，但由于速度差异不大，因而在地震记录上无法识别来自该分界面的折射波。在 120~180 m是另外一套砂、泥岩交互地层，其速度为 1 714 m/s，相邻时间点有明显的摆动现象，在地震记录上可识别来自该界面的折射波（图 3b）。

与陆 9 井区相比较，南部地区沙漠厚度较大，砂、泥岩交互层分为两个不同的速度层系，但其瞬变电磁电阻率与陆 9 井表层电阻率具有相同的曲线特征。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

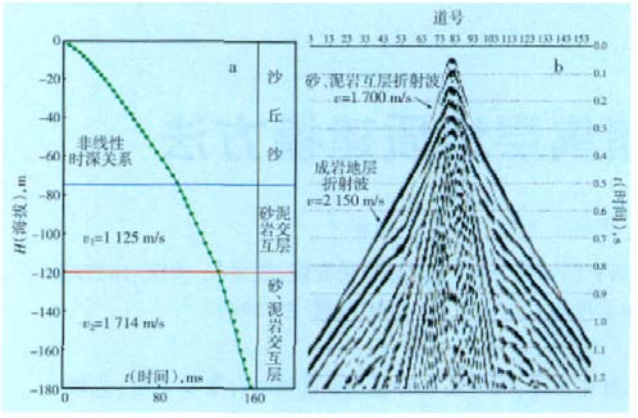


图 3　陆 9 井南部沙漠区地震微测井与过井地震记录

4　结　论

(1) 准噶尔盆地沙漠区表层沙与成岩地层中的砂、泥岩互层地质体形态的不均匀, 是产生沙漠区长波长静校正问题的主要原因。

(2) 利用反映岩性变化的电阻率数据及其分布规律, 可以准确地确定地表及近地表各地层的纵横向分布特征及范围。

(3) 瞬变电磁电阻率剖面对表层结构调查控制点的位置部署和深度设计具有指导性作用, 在地表及近地表结构地质体相对稳定区可少布置或不布置地震微测井; 而在异常区, 以控制地质异常体的变化范围为原则加密地震微测井。

(4) 瞬变电磁电阻率剖面经过速度标定和速度转换才能得到地表及近地表结构的速度深度模型, 在此基础上建立的速度深度模型对解决目前地震勘探中存在的长波长静校正问题十分有利, 其静校正量的求取具有唯一性。

参考文献:

[1] Mike Cox. Static corrections for seismic reflection surveys [M]. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma, 1999.

Application of Resistivity Log and Transient Electromagnetic Method to Study of Surface Structure

ZHAO Feng, LI Xian-min, PENG Yong, QIN Chao-an

(1.Institue of Geophysics, Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Urumqi, Xinjiang 830013, China; 2.Exploration Company, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay, Xinjiang 834000, China; 3.Xinjiang Well Logging Company, Karamay, Xinjiang 834000, China; 4. Beijiang Division, BGP, CNPC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: The study purpose of surface structure is to develop corresponding depth-velocity model of surface structure, based on the variation of velocity and depth of surface and near surface uncemented sediments in seismic survey area, and using the static correction data from each observation point to delete the interference (moveout statics) of the variation on adjacent channel. Although data acquired by nonseismic technology can not directly be used to develop such a model, but can used to describe the variation of surface or near surface geologic body, followed by developing the velocity-depth model using data from seismic micro log and refraction. This method for developing the velocity-depth model of surface and near surface according to the geological model is of uniqueness for getting static correction quantity.

Key Words: Junggar basin; dune sand; static correction; resistivity; transient electromagnetic method; velocity; model

苏里格气田日产天然气量突破 1 000×10⁴ m³

苏里格气田位于鄂尔多斯盆地中北部, 勘探面积 4×10⁴ km², 天然气总资源量 3.8×10¹² m³, 为我国目前探明储量最大的气田。

至 10 月 9 日, 苏里格气田天然气生产量 2007 年已累计达到 10×10⁸ m³. 2007 年 11 月 16 日, 苏里格天然气日产量突破 1 000×10⁴ m³, 从而使该气田具备了年产 40×10⁸ m³ 的生产能力。

(本刊编辑部)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net