

文章编号: 1001-1749(2024)03-0306-09

龙门山双复杂区表层结构调查方法研究

刘远志, 刘 胜, 黄秀举, 梁 勇, 陈 兵, 王 聪, 张志锋

(中国石化石油工程地球物理有限公司南方分公司, 成都 610041)

摘要: 龙门山山前带地表地质条件复杂, 浅表层速度及厚度差异大, 给激发、接收和静校正等工作带来较大困难。表层调查工作直接影响到地下介质成像效果。为使该地区进行的地震勘探攻关能够获取准确的静校正量数据, 给井深设计提供依据, 研究适合该区域的表层调查方法, 结合地质剖面、浅震、小层析、地面微测井、钻井取心、高密度电法、三分量共振表层调查方法的工作原理, 分别应用不同方法做对比, 分析了不同调查方法的应用效果。通过不同表层调查的对比, 分析了不同方法的适用范围, 为该区选择合适的表层调查方法及方法参数选取提供依据, 同时为其他地表复杂区域进行表层调查提供参考。

关键词: 双复杂区; 表层结构; 地质调查; 浅震; 小层析; 微测井; 钻井取心; 高密度电法; 三分量共振

中图分类号: P631.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2024.03.07

0 引言

龙门山山前带地表地形起伏剧烈、表层结构复杂、低降速层变化快, 老地层出露, 地层陡倾, 岩性变化大; 另外, 地下构造复杂, 如复杂断块、挤压褶皱带、逆冲推覆体等。地表不均匀性突出, 特别是表层高速层^[1]、山地^[2]等区域, 给地震的激发、接收和静校正带来较大的困难。表层调查工作的准确与否直接影响到地震资料的成像效果^[3], 对这些特殊地表的表层调查研究较多, 但多数是针对具体地区特殊地表情况所采取的针对性表层调查方法。

表层结构调查方法较常见的有小折射^[4]、微测井^[5]、浅层钻探和地面雷达^[6]等。近年来出现了一些新的表层结构调查方法, 如三分量微 VSP (vertical seismic profiling, 垂直地震剖面) 技术^[7-8]、电阻率法^[9]和微分电测深法等^[10], 以及多种方法的综合应用^[11]。表层结构调查最直观的方法是观察岩石露

头和钻探录井。野外地震队最常用的方法主要是小折射和微测井。小折射可以比较快速地测定低降速带的厚度, 追踪高速层的埋深; 微测井通过钻井地震方法来获得井下到地面的波的传播信息, 可以比较直接地研究低降速带变化。微测井方法根据激发、接收方式的不同又可分为井中激发、地面接收、地面激发井中接收和双井微测井^[12]。此次, 为满足龙门山双复杂区地震采集的需要, 对近地表调查方法研究的需求, 同时为地震勘探井深设计提供依据, 为后期数据处理提供准确的静校正量, 在龙门山 YC 地区分别应用多种方法对比, 以期为该复杂地区选择合适的表层调查方法及参数选取提供依据。

1 近地表地球物理特征

龙门山山前带属于高原大山区、平坝过渡带, 跨越平坝、山区及大山区。地表出露地层从三叠系到第四系均有分布; 出露岩性有灰岩、砾岩、砾灰岩、黄

收稿日期: 2023-01-31

第一作者: 刘远志(1974—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事地震采集及处理研究工作, E-mail: chcdlyz@163.com。

泥加卵石、平坝卵石等;出露地层倾角从水平到直立均有分布,且变化快;岩石破碎、空腔、垮塌堆积发育。中南段由侏罗系—第四系组成,第四系主体为欠压实的砾石层,侏罗系—白垩系近九成岩层为分选中—差的砾岩层组成,砾岩层中容易产生散射型能量屏蔽作用,导致中南段地震波能量难以有效传播,能量损失大,资料信噪比降低。三叠系以刚性的白云岩组成,夹少量白云质泥岩,二叠系—泥盆系以灰岩为主,二叠系中块状灰岩中夹 2 m 左右的煤系地层,灰岩、白云岩中地震波激发、接收条件极差,夹低速泥质岩层时也产生强反射界面的能量屏蔽作用,因此,北段三叠系—泥盆系出露区地震地质条件更为恶劣。由于受印支—喜山期多次逆冲推覆的影响和“5·12”汶川特大地震后,出露岩层破碎,垮塌严重,浅层结构相当复杂,山区地形崎岖、陡峭,且变化极大。表层结构总体上可分为三层,即基岩之上的弱风化层、强风化层和表土层。通过以往资料分析认为,本区表层结构岩性横向变化大,西北部大山由于构造运动剧烈,变化程度较东南部的大,表层的纵波速度较低,砂卵石覆盖区和强风化层形成低速层,速度一般在 650 m/s~1 400 m/s;弱风化层形成降速层,纵波传播速度在 1 500 m/s~2 500 m/s;基岩形成高速层,纵波速度为 2 900 m/s~4 500 m/s。低速层厚度变化范围大,低速层厚度一般在 0 m~

5 m,降速层厚度一般在 8 m~36 m,低降速层厚度一般在 10 m~41 m。通过资料分析,不同岩性之间存在着明显的属性(波阻抗、电性等)差异,同一种岩性的不同风化层之间也存在一定的属性差异。这种属性差异,为地震方法、电法和电磁波法等方法在本区表层结构的调查提供了地球物理基础。

龙门山双复杂地区地表条件复杂,以往都是基于微测井和小折射的近表调查方法,其他近地表调查方法未在该复杂地区进行过相应的试验。为研究不同的近地表调查方法的适应性,结合地质调查,浅震,小层析,微测井,钻井取心,高密度电法,三分量共振表层调查方法的工作原理,在该地区进行了综合试验。

2 表层结构调查方法

在龙门山高精度地震勘探攻关采集过程中,采用了高密度浅层地震、微测井、层析小折射、钻井取心及高密度电法、三分量共振、地质剖面调查等多种方法进行表层调查(表 1)。通过对比分析确定低速带的厚度、速度和岩性等为激发条件选择提供依据^[13]。通过近地表资料建立起高精度的表层结构模型,提高静校正精度,以确保该区构造勘探对静校正数据的精度要求^[14]。

表 1 不同表层调查方法对比

Tab. 1 Comparison of different surface investigation methods

| 项目 | 地质调查 | 浅震 | 微测井 | 小层析 | 钻井取心 | 高密度电法 | 三分量共振 |
|-------|---------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 测量厚度 | 0 m~5 m | 0 m~500 m | 0 m~50 m | 0 m~150 m | 0 m~50 m | 0 m~100 m | 0 m~300 m |
| 适应复杂度 | 反映露头 | 横向变化复杂 | 适应广 | 地形起伏小 | 适应广 | 横向变化复杂 | 横向变化复杂 |
| 效率 | 高 | 低 | 高 | 中 | 低 | 中 | 中 |
| 成本 | 低 | 高 | 低 | 中 | 较高 | 较中 | 较中 |

2.1 地质剖面露头调查

地面地质调查目的是搞清楚工区的地表岩性、产状、露头、破碎带、山前坡积物、冲沟、卵石区、断层和风化层分布等情况,落实近地表岩性分区分带特征,结合其他调查方法的成果构建速度结构分布情况;调查激发接收条件。沿地质剖面线采集岩样,规格不小于 15 cm×15 cm×10 cm,所采岩样要能体现、控制露头岩性变化趋势;沿剖面线进行详细踏勘过程中,了解岩层的一般分层厚度、岩性组合规律、构造形态及不同构造部位的岩层对比关系;剖面起、终点的位置、剖面观察点、岩层产状要素及地层分界线

等,应准确标定在相应图件上;实测剖面野外工作结束后,应及时对各项实测数据进行整理计算,对各种样品进行分析鉴定,根据室内分析鉴定成果对野外观察资料进行修正补充,编制相关图件;岩性录井要求炮井全深度录井,现场详细记录岩性变化情况,精确标注深度、位置等信息,岩性变化部位增加取样密度。

成果用于对近地表结构、岩性进行认识、激发接收条件评估和近地表速度结构层析反演进行结构约束反演。了解岩层的产状要素(一定包含倾角)、地层分界线、一般分层厚度、岩性组合规律、构造形态及不同构造部位的岩层对比关系,提交表层地质剖面。

2.2 高密度二维浅震

通过二维高密度浅层初至波、反射波联合调查方法,进行初至波层析反演及浅层反射反演分析,建立较高精度近地表结构及速度模型。其目的为:①找到能较为可靠地刻画近地表结构层析反演的接收点距、炮点距、最大炮检距,并验证 20 m 接收点距观测资料的初至波信息通过层析反演来获得可靠静校正量,特别是建立近地表模型的可靠性;②获得常规生产炮不能获得的浅层反射结构,用于地震资料处理;③验证能否通过初至波层析反演及浅层反射勘探联合获得近地表结构及速度模型;④开展高密度浅层调查与其他表层调查方法联合近地表建模的技术研究。其观测方式为:1L1S,中间激发;纵向排列:997.5—2.5—5—2.5—997.5;接收道数:400道;道

间距:5 m;炮点间距:10 m;最大炮检距:997.5 m。

2.3 微测井

通过微测井工作获取准确的层速度、浅层层位标定;获得井深范围内准确的岩性分布;获得不同围岩中激发的子波;作为“标准尺子”考量其他表层调查方法的精度;作为约束条件参与多种方法联合表层建模研究。

微测井近地表结构调查工作采用常规微测井与超深微测井相结合。常规微测井工作方法如图 1,井深大于 20 m,激发方式重锤或雷管;超深井微测井近地表调查采用井中激发地面接收观测方式;井深大于 50 m,距井口 0 m~5 m,激发点距 0.5 m;距井口 5 m~30 m,激发点距 1 m;距井口大于 30 m,激发点距 2 m。5 道接收,偏移距 1 m,圆形摆放。

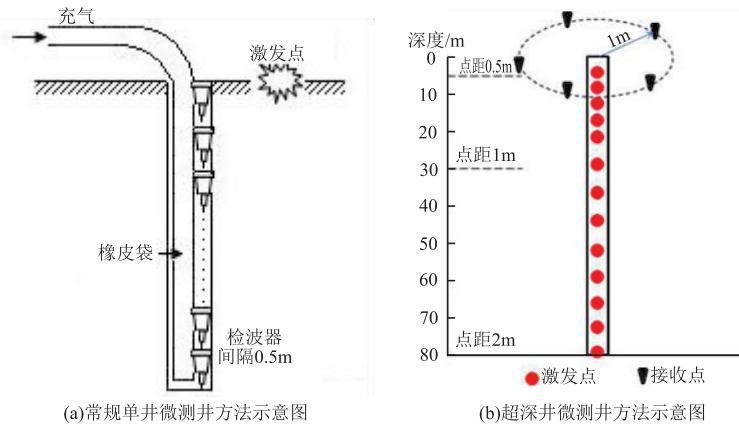


图 1 微测井工作方法

Fig. 1 Working method of micrologging

2.4 钻井取心

钻井取心是利用特殊的钻头,钻一口较深的井,通过取上来的岩心确定表层的岩性和不同岩性的厚度及埋深。

2.5 小层析

小层析近地表结构调查方法实际上就是起伏地表小折射,对起伏地表,而且难于成深井做微测井的点,用于提高近地表调查精度、深度和刻画横向近地表速度结构变化的一种近地表速度结构调查方法^[15]。主要工作目的:提高起伏地表的近地表结构调查的深度;论证小层析工作方法能较好刻画近地表结构观测的接收点距,激发炮数和观测最大排列的长度等关键参数;采用微测井、深井微测井度量小层析的调查精度,论证小层析工作方法的测量精度和可行性;其成果参与表层建模

和相关论证工作。

小层析近地表调查点沿是沿测线高密度二维布设,采用 3 m、10 m、20 m 不等道距,30 m 炮距,490 m 排列长度开展小层析施工(图 2)。接收方式:采用单个检波器,60 道不等道距接收。

2.6 高密度电法

高密度电阻率法(ERT)是集电测深和剖面法于一体的一种多装置,多极距的组合方法,它具有一次布极即可进行的装置数据采集以及通过求取比值参数而能突出异常信息,信息多并且观察精度高,速度快,探测深度灵活等特点,探测对象为地质界面、溶洞、破碎带、含水层、暗河、滑坡、人工洞体等。通过二维高密度电法(ERT)反演电阻率的差异,研究试验测线 100 m 内近地表不同的岩性分布、潜水面埋深和溶洞、裂隙的识别,探索开展近地表速度结构联合建模。

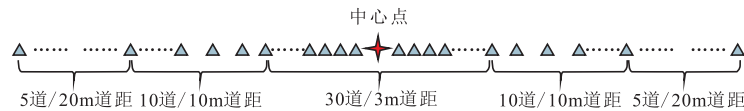


图2 小层析施工排列示意图

Fig. 2 Schematic diagram of small tomographic arrangement

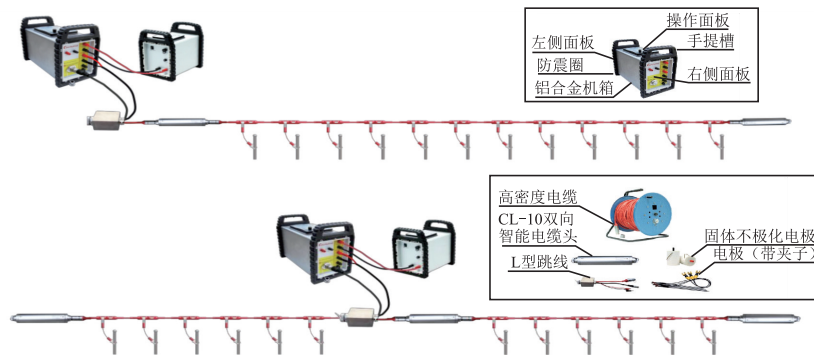


图3 野外施工布线图示意图

Fig. 3 Schematic diagram of field wiring

采用GD—10 二维高密度电阻率测量系统,野外施工布线(图3),成果点号保持与地震测线桩号编排一致。按照探测100 m 深度的要求,施工中采用144 道仪器按24 道~48 道滚动测量。

2.7 三分量共振

自然界中,任何物质都有其自身的固有频率。地下地层固有频率及其振幅与厚度,刚度系数(密度,纵波速度,横波速度),阻尼系数(吸收)多种因素有关。当有一个宽频的震动传播到该地质体,特征固有频率能量将被放大,能够被观测到。由于地层振动频率较低,人工源难以激发,采用天然源观测方法观测地下等效地层的固定共振频率,利用特征频率进行成像,求取地下结构信息。

观测系统:单点观测,采用100 个2 Hz 三分量节点,观测点距5 m;观测时间:选取工区内较平坦地段观测120 m 长测线段,观测时长分别选择5 min、10 min、15 min、20 min、25 min、30 min、35 min,根据试验情况了解试验工区噪声情况,信号强弱,基岩埋深情况,结合信号强弱确定最佳观测时长为30 min。通过实施三分量共振近地表结构调查,获得表层结构成果资料,并与其他方法进行对比分析,考量其刻画近地表结构的精度及优劣。

通过数据退化处理分析,确定适合山地表层结构调查的点距、观测时长等关键参数;多种方法联合

表层建模探索研究。

3 表层调查的效果对比

利用地质剖面露头调查与测量对表层进行调查,并结合地质钻井取芯对地质剖面分析,研究内中南段由侏罗系—新近系组成,新近系主体为欠压实的砾石层,侏罗系—白垩系近九成岩层为分选中一差的砾岩层组成,砾岩层中容易产生散射型能量屏蔽作用,导致工区内中南段地震波能量难以有效传播,能量损失大,资料信噪比降低^[16]。三叠系以刚性的白云岩组成,夹少量白云质泥岩,二叠系—泥盆系以灰岩为主,二叠系中块状灰岩中夹2 m 左右的煤系地层,灰岩、白云岩中地震波激发、接收条件极差,夹低速泥质岩层时也产生强反射界面的能量屏蔽作用,因此,北段三叠系—泥盆系出露区地震地质条件更为恶劣(图4)。

从浅震层析反演模型看,在垮塌堆积段、鹰嘴岩砾岩出露段、黄泥夹卵石堆积区,微测井约束层析反演模型近地表层速度分层刻画更为精细,横向变化刻画明显。从高密度电法分析,可以分辨地表风化层、低阻溶蚀区,低阻裂隙区,褶皱破碎区,砂泥岩层及破碎区。根据浅层地震表层反演结构与地质剖面、电法成果联合对比分析看,地质构造一致,吻合度高(图5)。

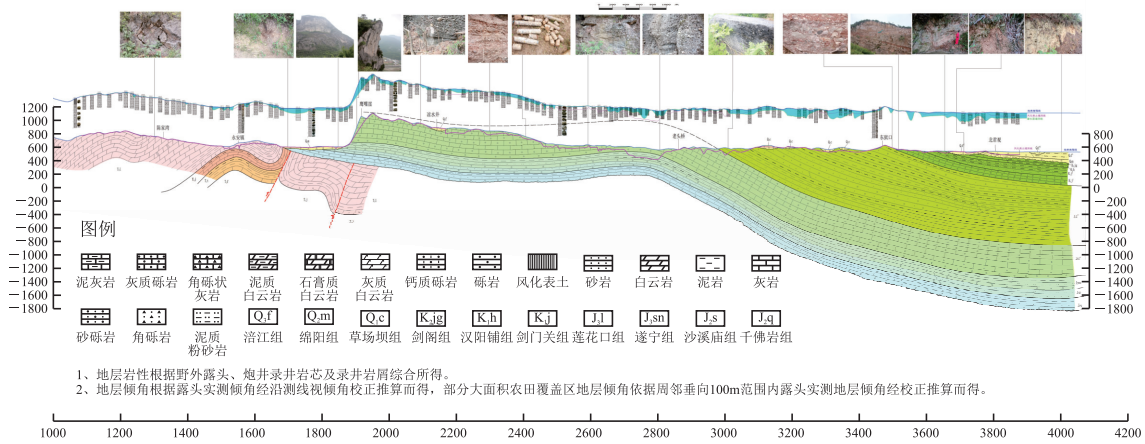


图 4 地质剖面露头调查成果
Fig. 4 Geological profile outcrop survey results

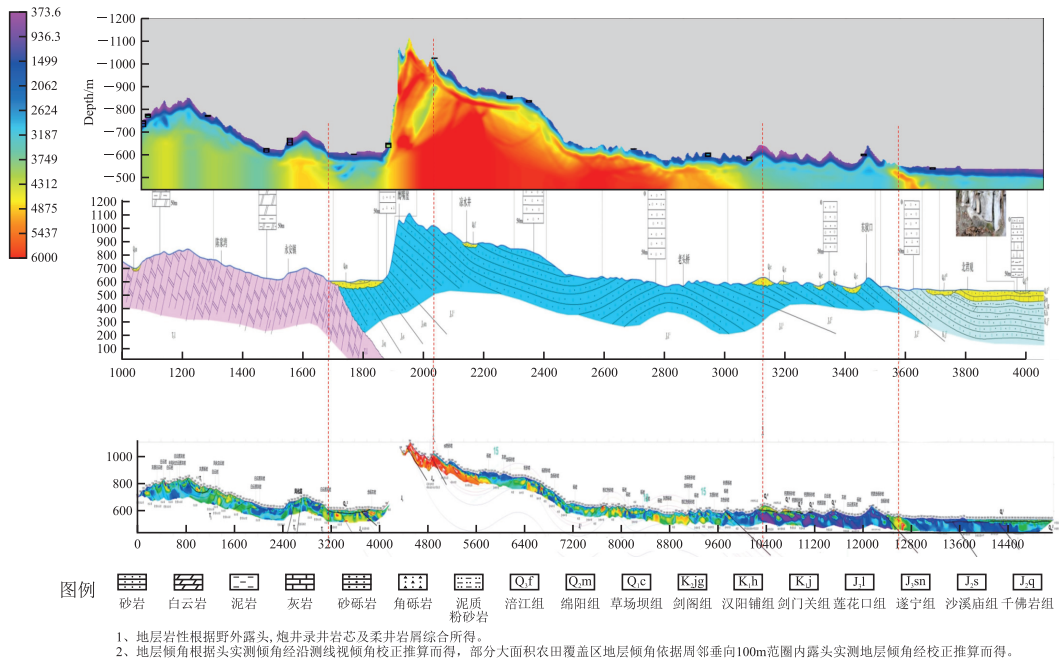


图 5 浅震反演与地质剖面、电法成果对比
Fig. 5 Comparison of shallow seismic inversion with geological profile and electrical method results

从微测井解释成果看(图 6),微测井原始记录初至起跳干脆、易于拾取、资料解释合理、解释成果与钻井取心及岩性录井成果吻合较好,真实地反映了近地表结构特征。

从小层析中心点解释层速度与微测井解释成果对比看(表 2),小层析调查分层与微测井分层基本一致,层速度略有差异。

从小层析反演模型与高密度电法反演模型对比来看(图 7),小层析反演的近地表模型与高密度反演成果基本一致,能够较为真实地反映近地表结构。

在三分量共振成像精细资料处理的基础上,将

0 m~100 m 深度范围的共振成像处理剖面与对应的地质剖面进行对比,同时对测线的微测井解释成果资料进行了标定。经综合分析后认为,本次基于共振成像的近地表结构调查结果与地质剖面吻合较好。测线 0 m~100 m 深度共振成像剖面与地质剖面对比图可知,浅部地层岩性相对简单,以砂砾岩、灰岩等为主,但本区浅部地层的构造特征复杂,褶皱及断层较为发育。地质剖面上揭示的断层和褶皱在共振成像剖面上均有不同程度的响应,断层多为逆冲断层,断层两盘地层的破碎程度及产状均有明显差异,地层相对破碎区的共振响应一般表现为高值

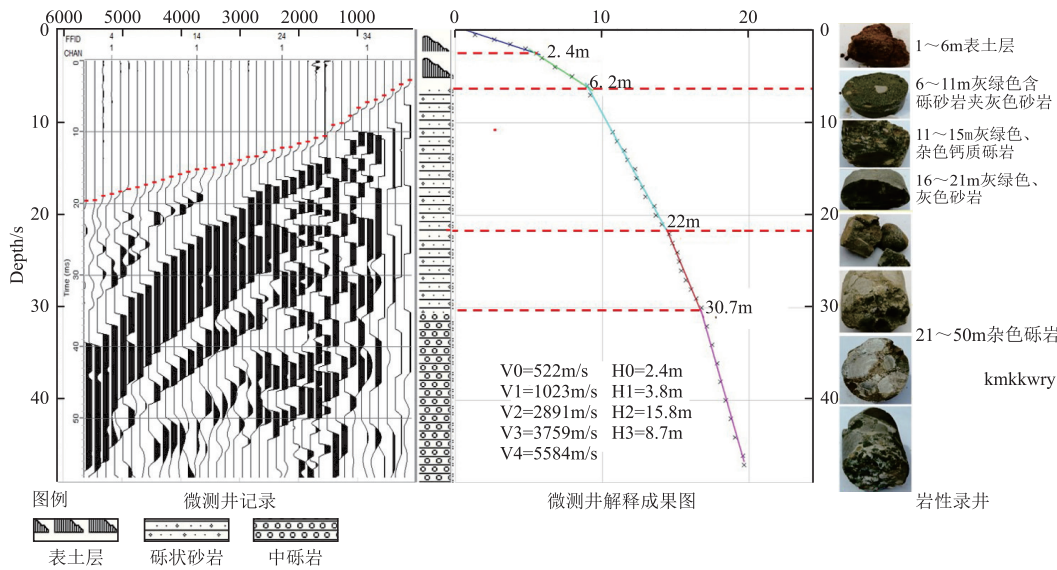


图 6 微测井解释成果与岩性录井对应

Fig. 6 Correspondence between microlog interpretation results and lithologic logging

表 2 小层析中心点解释层速度与微测井对比表

Tab. 2 Comparison of interpreted interval velocity and microlog at the center of small tomography

| 层数 | 顶界面 | | 底界面 | | 微测井层速度/(m/s) | 小层析层速度/(m/s) |
|-----|------|-------|------|-------|--------------|--------------|
| | 埋深/m | 高程/m | 埋深/m | 高程/m | | |
| 第一层 | 0 | 646.3 | 2.4 | 643.9 | 522 | 539 |
| 第二层 | 2.4 | 643.9 | 6.2 | 640.1 | 1 023 | 987 |
| 第三层 | 6.2 | 640.1 | 22.0 | 624.3 | 2 191 | 1 998 |
| 第四层 | 22.0 | 624.3 | 30.6 | 615.7 | 3 959 | 4085 |
| 第五层 | 30.6 | 615.7 | 47.0 | 599.3 | 5 584 | 5 262 |

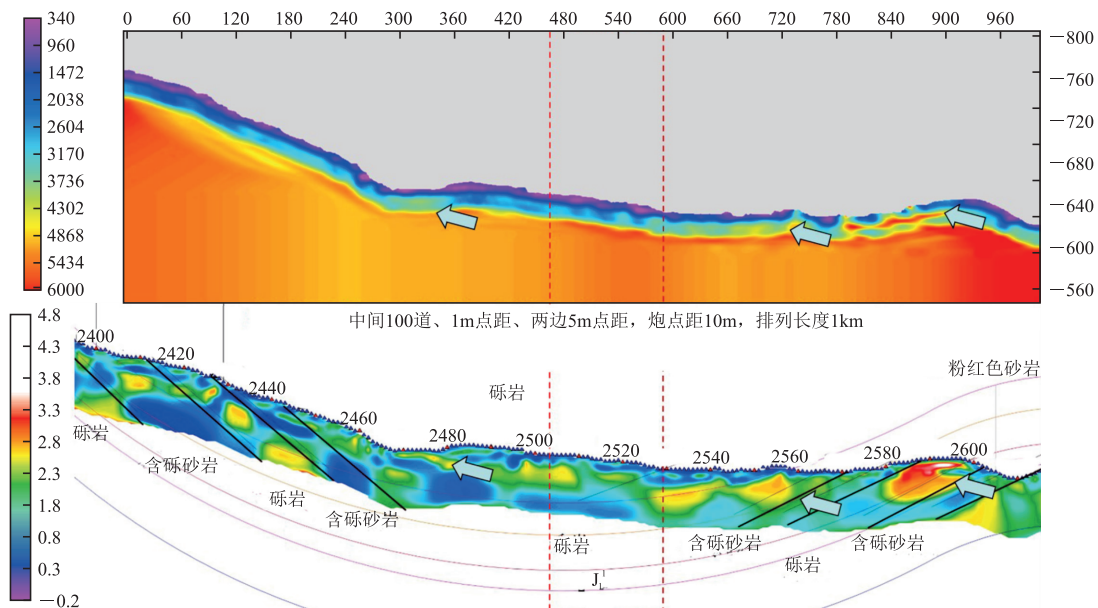


图 7 小层析(上)与高密度电阻率(下)反演模型对比

Fig. 7 Comparison of inversion models of small tomography (upper) and high-density electrical method (lower)

响应与低值响应交错的特征,严重破碎区的共振响应则表现为连片的低值响应,地层相对完整区的共振响应一般表现为中值响应,共振响应交错现象不明显。地层严重破碎区多位于逆冲断层的上升盘附近,相对破碎区主要发育褶皱的核部及转折端附近,

较为完整区主要发育在褶皱的翼部。

将微测井解释成果及岩性钻遇情况标定到共振成像剖面上,地层相对完整区速度较高,相对破碎区速度较低,与共振响应具有较好的对应关系;钻孔岩性分层也与共振成像结果吻合较好(图 8)。

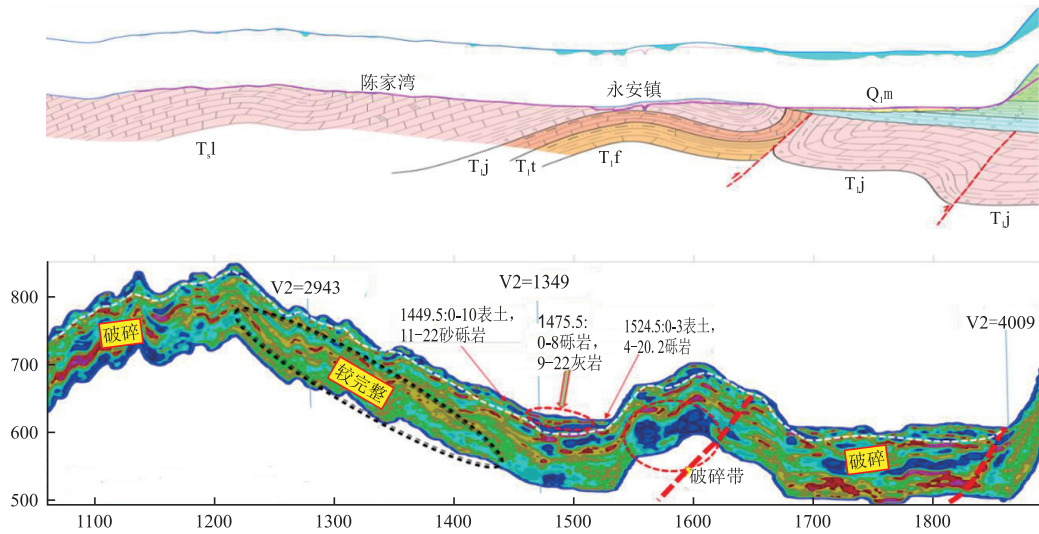


图 8 0 m~100 m 深度共振成像剖面与地质剖面对比

Fig. 8 Comparison between 0 m~100 m depth resonance imaging section and geological section

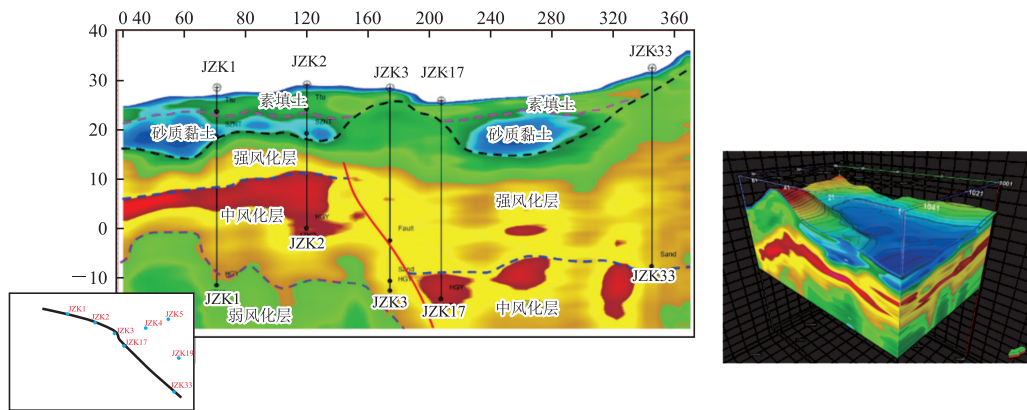


图 9 深度模型

Fig. 9 Depth model

通过部分微测井、深井微测井、小层析标定,地面地质剖面及浅层地震反演解释,获得各层的速度分布,并构建深度模型(图 9)。

通过应用不同的表层调查,资料大部分解释为三层:低速层、降速带和高速度。由于区内地层起伏较大,分析低降速带调查成果,各层速度、厚度等起伏较大。低速层全区平均速度为 804.9 m/s;平均层厚 3.7 m,厚度变化大。降速层平均速度 2 038.8 m/s;平均层厚 6.54 m,降速层厚度在 2.05 m~16.4 m 之

间变化。全区降速层速度变化大,起伏较大。高速层平均速度 3 964.4 m/s。高速层顶埋深(低降速层厚)在 1.64 m~31.25 m 之间,平均 10.43 m,全区的高速层速度在北部的速度最高,中部鹰嘴崖附近侏罗系莲花口组砾岩速度次高,南部卵石区高速层速度相对较低;区内低降速带厚度在南部相对较厚,主要由于相对不含水的卵石区域造成;在北部总体低降速带厚度相对较薄,但在局部区域也存在部分垮塌堆积区出现相对较厚的情况。

4 结 论

1)地面地质调查能准确识别表层结构岩性、倾角、走向变化,辅助浅表层速度建模、激发接收条件分区具有指导作用。

2)小层析操作简单、成本低、效率高,是一种计算精度较高,适用于地表比较平缓的表层结构调查方法。

3)微测井法调查的表层结构一般比较准确,基本不受地表条件的限制,适用范围较广,但它比小层析法成本高、效率低,一般可用于表层结构调查的控制点测量。

4)钻井取心方法能非常准确地得到一个点的表层岩性变化资料,是表层调查中作为点调查的最直观、最准确的一种方法,不能取得近地表地层的速度资料,需要和其他方法结合来进行调查,其适用范围广。

5)高密度二维浅震能反演连续的表层结构变化,连续追踪,表层速度及分界面,但操作复杂,效率低,成本高,不适宜大量应用。

6)利用高密度电法和三分量共振可以得到表层结构的分界面,但得不到低速带的速度数据,因而不能单独应用于表层结构调查,而必须与其他方法结合使用。

通过上述近地表结构调查方法的综合比较,认为在龙门山双复杂地区,采用地质调查、小层析、微测井及钻井取心的综合调查法,有利于为激发井深的设计和静校正及近地表建模提供准确的基础数据。

参考文献:

- [1] 王建华,李庆忠,邱睿. 浅层强反射界面的能量屏蔽作用[J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(6): 589—596.
WANG J H, LI Q Z, QIU R. Energy shielding action of shallow strong reflector[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2003, 38(6): 589—596. (In Chinese)
- [2] 林依华,张中杰,尹成,等. 复杂地形条件下静校正的综合寻优[J]. 地球物理学报, 2003, 46(1): 101—106.
LIN Y H, ZHANG Z J, YIN C, et al. Hybrid optimization of static estimation in complex topography[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2003, 46(1): 101—106. (In Chinese)
- [3] 韩富钱,刘海宁,王忠,等. 陕北长茂滩区表层调查方法探讨[J]. 工程地球物理学报, 2011, 8(2): 161—165.
HAN F Q, LIU H N, WANG Z, et al. A study of shallow layer acquisition and interpretation method in Changmaotan area of Shanbei[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2011, 8(2): 161—165. (In Chinese)
- [4] 段云卿,皮金云,刘兵,等. 三分量小折射表层调查研究[J]. 石油地球物理勘探, 2008, 43(6): 652—655.
DUAN Y Q, PI J Y, LIU B, et al. Study on near-surface survey by 3-component (3-C) shallow refraction[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2008, 43(6): 652—655. (In Chinese)
- [5] 王俊茹,李红阳. 地震表层研究中的若干试验与分析[J]. 石油地球物理勘探, 2003, 38(3): 231—236.
WANG J R, LI H Y. Some experiments and analysis of seismic study on near-surface[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2003, 38(3): 231—236. (In Chinese)
- [6] 王惠濂. 探地雷达概论:暨专辑序与跋[J]. 地球科学, 1993, 18(3): 249—256.
WANG H L. An introduction to ground penetrating radar—Preface and postscript to the current special issue[J]. Earth Science, 1993, 18(3): 249—256. (In Chinese)
- [7] 杨海申,何庆华,梁秀文,等. VSP三分量微测井技术在表层调查中的应用[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(1): 97—102.
YANG H S, HE Q H, LIANG X W, et al. Application of 3C VSP uphole survey technique in near-surface survey[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2005, 40(1): 97—102. (In Chinese)
- [8] 孙巧玲,赵辉,宋红玲. VSP微测井技术在四川盆地的应用效果分析[J]. 天然气勘探与开发, 2004, 27(2): 16—19.
SUN Q L, ZHAO H, SONG H L. Analysis of application effect of vsp microlog technique in Sichuan Basin[J]. Natural Gas Exploration & Development, 2004, 27(2): 16—19. (In Chinese)
- [9] 邓述全,洪月英,王永涛,等. 电测井和电阻率法在表层调查中的应用[J]. 勘探地球物理进展, 2004(1): 66—71.
DENG S Q, HONG Y Y, WANG Y T, et al. Application of electric logging and resistivity method in surface survey in complex areas[J]. Progress in Exploration Geophysics, 2004(1): 66—71. (In Chinese)
- [10] 王永涛,江汶波,王天平. 油泉子地区表层结构调查方法[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(4): 472—477.
WANG Y T, JIANG W B, WANG T P. Experimental effects of shallow survey in Youquanzi Area[J]. Oil

- Geophysical Prospecting, 2005, 40(4): 472—477. (In Chinese)
- [11] 夏训银, 徐新学, 张进国, 等. 综合物探方法在南盘江表层结构调查中的应用[J]. 勘察科学技术, 2004(3): 59—62.
XIA X Y, XU X X, ZHANG J G, et al. Application of synthetic geophysical exploration methods in geological structure survey of surface layers in Nanpanjiang[J]. Site Investigation Science and Technology, 2004(3): 59—62. (In Chinese)
- [12] 李天树, 陈宝德, 苏德仁. 双井微测井技术在表层结构调查中的应用[J]. 石油物探, 2004, 43(5): 471—474.
LI T S, CHEN B D, SU D R. Application of twin-wellmicrolog in near surface investigation[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2004, 43(5): 471—474. (In Chinese)
- [13] 李驰, 于鹏, 李波, 等. 合理选择炸药震源最佳激发条件的因素分析[J]. 石油物探, 1997, 36(3): 105—111.
LI C, YU P, LI B, et al. Factor analysis of rationally selecting optimal excitation condition for dynamite source[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 1997, 36(3): 105—111. (In Chinese)
- [14] 陈吴金, 张志林, 朱勇, 等. 永新地区综合表层调查方法探讨[J]. 石油地球物理勘探, 2008, 43(增刊 2): 70—73.
CHEN W J, ZHANG Z L, ZHU Y, et al. Discussion on integrative near-surface survey method in Yongxin Area[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2008, 43(Suppl 2): 70—73. (In Chinese)
- [15] 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]. 物探与探, 2012, 36(5): 766—771.
WEN X K, LIU S, LI S Q, et al. The application of chromatography technology to near-surface structure investigation of the loess area[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2012, 36(5): 766—771. (In Chinese)
- [16] 张光德, 刘斌, 张志林, 等. 柴达木盆地三湖地区盐岩区表层调查方法研究[J]. 石油物探, 2013, 52(2): 195—200.
ZHANG G D, LIU B, ZHANG Z L, et al. Surface investigation of salt beds in Sanhu Area, Qaidam Basin[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2013, 52(2): 195—200. (In Chinese)

Study on investigation method of surface structure in double complex area of Longmen Mountain

LIU Yuanzhi, LIU Sheng, HUANG Xiuju, LIANG Yong, CHEN Bing, WANG Cong, ZHANG Zhifeng

(SINOPEC geophysical corporation Nanfang Branch, Chengdu 610041, China)

Abstract: The surface geological conditions in the piedmont of Longmen Mountain are complex, and the shallow surface velocity and thickness vary greatly, which brings great difficulties to the shooting, reception, and static correction. Surface investigation directly affects the imaging effect of underground media. In order to obtain accurate static correction data for seismic exploration in this area and provide the basis for well-depth design, the surface investigation methods suitable for this area are studied. Combined with the working principles of geological profile, shallow earthquake, small tomography, surface micro logging, drilling coring, high-density electrical method, and three-component resonance surface investigation methods, different methods are compared, and the application effects of different investigation methods are analyzed. Through the comparison of different surface investigations, the application scope of different methods is analyzed, which provides a basis for the selection of appropriate surface investigation methods and method parameters and provides a reference for surface investigation in other complex surface areas.

Keywords: dual-complex area; surface structure; geological survey; shallow seismic; small tomography; micro-logging; drilling core; ERT; three component resonance