

准噶尔沙漠浅表层地质结构特征分析

姚茂敏, 薛为平, 马俊彦, 梁英

新疆油田分公司 勘探开发研究院 地球物理研究所, 新疆乌鲁木齐, 830011

准噶尔盆地位于我国新疆北部, 夹在天山与扎伊尔山、克拉美丽山之间, 是我国第二大盆地。沙漠腹部的沙丘形态为沙梁(沙垄), 整体走势基本呈南北条带状。周边为戈壁滩、盐碱滩和农田绿洲所围绕。一般沙漠边缘带交界处为新生沙地, 沙丘相对高差较大, 呈蜂窝状, 是地表高程变化较大的区域^[1]。研究沙漠区表层结构特性, 了解沙层纵、横向速度的变化规律, 掌握区域厚度结构分布变化范围, 可以改善因沙漠表层结构的异常变化对石油地震勘探采集地震波的振幅衰减和吸收的影响, 提高信噪比。同时利用已获取的沙漠表层结构模型, 解决因浅表层厚度、速度变化引起的静校正中、长波长问题, 避免地震剖面构造形态畸变和失真。地震微测井是当前获取表层结构数据体最可靠的方法之一, 是创建准噶尔盆地腹部沙漠表层厚度、速度结构模型的有效手段^[2-3]。目前已实施的地震微测井基本涵盖了整个盆地, 数量已超过 2200 口, 大量的基础数据信息为探明沙漠浅表层结构特征提供了重要依据。

1 地形地貌概况

古尔班通古特沙漠是古老的复合型沙丘。地形是西低东高、南低北高变化, 西部海拔 280m, 东部海拔 750m, 南部海拔 430m, 北部海拔 600m。表层介质以砂砾为主, 其成分为石英砂, 颗粒较小, 未胶结, 呈黄色, 稳定性较好。沙漠的变迁主要受风力作用, 风向一般是由西向东, 在大风的影响和推进作用下, 形成盆地沙漠特有的近南北走向沙梁地貌。而边界受气流、植被等因素的影响, 沙丘形状一般呈蜂窝状。沙漠表面主要较大的植被为白梭梭、红柳、骆驼刺等(图 1)。1980 年以前, 由于干旱枯死及严重的人为砍伐, 沙化一度向周边蔓延, 形成新的流动性沙地。其主要分布在沙漠的东

南部边缘, 从吉木萨尔和奇台两县靠近沙漠的农田沙化变迁得以证明(当地农民的讲述)。1990 年以后, 随着雨水增多, 以及植被得到有效保护, 地貌生态环境得以改变, 沙化基本得到控制。目前盆地沙漠的植被覆盖率达 75%, 属不流动性沙漠。



图 1 沙漠地表面白梭梭和黄羊照片

2 浅表层获取方法

地震微测井是查明古尔班通古特沙漠浅表层沙体地质结构特征的主要观测方法。它能通过打穿浅表层地质结构体的竖井, 探明干沙层、湿沙层和含水沙层等不同沙体结构岩性厚度和速度变化规律。它直观、可靠, 被公认比已有的小折射、大折射采集调查方法精度要高。

目前地震微测井的观测形式有(图 2): ①井中激发地面接收; ②井中接收地面激发。

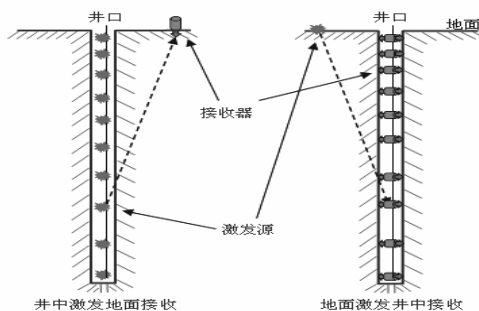


图 2 地震微测井井中激发观测示意图

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 姚茂敏, 男, 1983 年生。学士。主要从事地震资料处理和静校正方法研究。E-mail: ymm@petrochina.com.cn。

地震微测井资料的解释方法有两种：既可选单道接收器，读取初至时间，也可选多道接收器来读取初至时间取其平均值。由于接收器在接收时与井口有一定的距离，为保证接收初至时间的垂直效果，需进行时间校正（1）。

$$t_0 = \frac{h}{\sqrt{d^2 + h^2}} \times t \quad (1)$$

式中： t_0 —垂直时间， t —实际接收时间， d —炮检距， h —激发源深度。

利用垂直时间 t_0 与接收器（或激发源）深度组合，绘制时间—深度关系坐标图。应用所绘制时间—深度关系曲线，读取到不同深度的速度值。

3 沙层地质结构

盆地沙漠区到目前已实施了 5000 多个有效的浅表层调查点，其中地震微测井 2200 多口。

东部沙漠边界与山前戈壁砾石相接。在西北风的推力下，沙梁呈南北走向。当风力受到克拉美丽山的影响，使沙漠迁移方向发生了改变，大部分沿山体向东南低海拔区方向迁移，另有一小部分移向北部海拔高的区域迁移，使东部边界形成较厚的沙层堆积。在东西方向不足 500m 的距离内浅表层沙体厚度就可从 130m 迅速的变化到 30m。而沙体的内部结构主要存在干沙层和湿沙层，地震速度基本小于 1000m/s。下部为砂砾石层，地震速度基本在 2000m/s 左右（图 3a）。

南部沙漠边界与戈壁砾石和农田区相接，浅表层沙体基本为现代新生沙丘，沙体结构也分为干、湿沙层，但地震速度明显的低于东部，在 800m/s 以下。沙层以下为砂砾石层，地震速度基本在 1800~2000m/s。该区有较为稳定的潜水面，与戈壁和农田区保持在一个平面上，厚度与沙丘起伏有直接关系，一般在 10m~20m（图 3b）。

西部沙漠边界南翼与农田区相接，北翼与戈壁碱滩相接。与农田区相接的表层存在大面积的现代新生沙丘，只有干沙层和湿沙层，地震速度相对稳定，小于 800m/s，有较为稳定的潜水面，与农田区保持在一个平面上，沙层厚度一般小于 20m。而与戈壁碱滩相接的是古老的沙丘，沙层厚度一般在 30m~50m，沙体结构为干、湿沙层，地震速度小于 1000m/s（图 3c）。

北部沙漠边界相对较为复杂，有与戈壁相接，

也有与三个泉地区的大沟相接，其沟北为第三系露头，沟南属古老的复合型大沙漠，上下层间结构为连续沉积，速度在层间接触关系上没有明显的分界点，且相对稳定。从浅表层沙体的地震速度上分析，不但有干、湿沙层，下伏为泥砾岩，其边界沙体斜坡倾角大，厚度变化快，从 200m 迅速变化为 30m（图 4a）。沟北地表戈壁为含砂砾，厚度在 160m 之间，地震速度与沙漠存在较明显的差异（图 4b）。

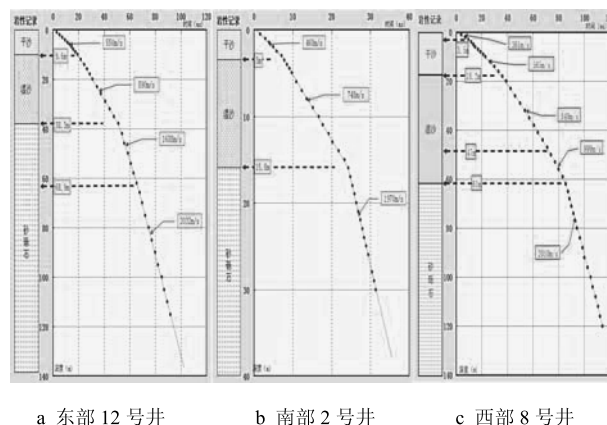


图 3 地震微测井时深曲线

腹部为古老的复合型沙漠，表层沙体疏松，植被丰富，基本为不流动沙丘。沙体结构为干沙、湿沙和含水砂砾，底部为泥砾岩。地表干沙层厚度分阳面（东南）和阴面（西北），阳面地震速度相对阴面要低。含水砂砾为主要层位，沙层上下间结构为连续沉积，地震速度在层间接触关系上没有明显的分界点，地震速度随厚度的增大而加大（图 4c）。

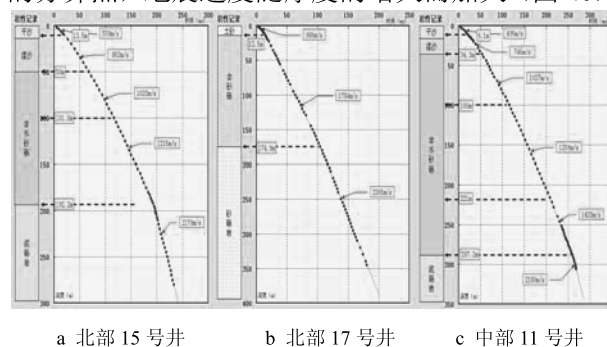


图 4 地震微测井时深曲线

从盆地沙漠不同区域提取的 16 口地震微测井的统计表中可以得到证明（表 1）。其规律是干沙层厚度小于 10m，速度小于 550m/s；湿沙层厚度在 20m~100m，速度在 600 m/s ~800m/s；含水砂砾层厚度在 40m~150m，速度在 900 m/s ~1400m/s；

泥砾岩速度在 1900 m/s~2200m/s。

表 1 地震微测井速度、厚度参数统计

井号	线、桩号	高程 (m)	井深 (m)	v_0 (m/s)	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	v_3 (m/s)	v_4 (m/s)	v_5 (m/s)	h_1 (m)	h_2 (m)	h_3 (m)	h_4 (m)	总厚度 (m)
1	M109J-01-497	377.0	150	371	603	770			1879	4.1	14.3	14.4		32.8
2	F21DA-53-277	400.5	30	468	748				1970	3.0	12.8			15.9
3	F21WA-29-437	451.2	45	382	637				1900	4.0	12.5			16.5
4	M80-44-411	451.9	150	508	731	967			1949	8.9	35.9	40.9		85.6
5	C35JQ-04-322	507.3	155	451	736	902	1027		2005	5.9	18.6	33.5	39.5	97.5
6	F10J30-08-180	584.8	209	399	616	775	959	1180	2016	4.6	8.1	19.1	52.5	123.5
7	M8507-600	565.6	120	473	828				2026	10.0	60.5			70.4
8	S0168-06-160	410.8	120	361	565	849	999		2010	3.5	14.8	28.9	13.8	61.0
9	L200603-1165	589.8	260	421	681	924	1205		2082	5.0	18.3	77.6	100.7	201.7
10	C43J30-70-252	678.7	289	501	718	949	1216	1344	2171	7.4	8.3	73.6	85.4	96.9
11	D010B-48-287	685.5	306	495	746	1027	1259	1428	2180	9.1	25.2	65.7	121.0	287.2
12	C01J-23-501	710.7	115	550	890			1688	2032	9.6	28.7			27.6
13	L3JW-116-394	467.0	200	510	636	835	970	1520	2173	5.2	14.0	32.3	30.3	134.1
14	L200709-1606	523.5	170	448	821	1094		1731	2380	6.4	37.6	72.2	45.4	161.6
15	42JQ30-15-114	628.7	280	530	722	893	1016	1215	2179	8.5	15.8	25.4	51.3	91.1
16	L200710-5409	818.7	260	554	718	958	1214		2170	6.7	18.3	56.0	117.7	196.5

为了能直观反映腹部沙漠浅表层地质结构沙体的变化,在盆地中选择了两条穿越沙漠的东西向(A)和南北向(B)地震测线。A线浅表层沙体由西干沙和湿沙2个地质层结构逐渐到中部增加到含水砂砾和泥砾岩4个地质层结构,再由4个地质层结构向东过渡到3个地质层结构(图5)。B线浅表层沙体由南干沙1个地质层结构逐渐向北过渡到湿沙、含水砂砾和泥砾岩4个地质层结构,由于受大沟的影响,沙体结构迅速消失(图6)。

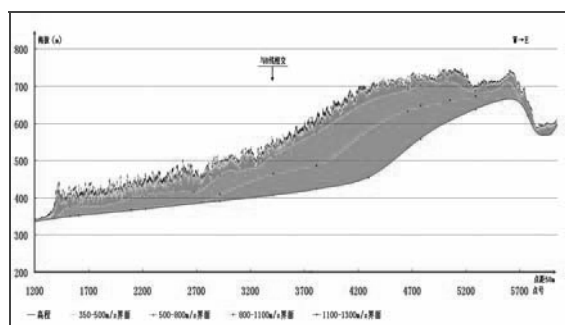


图 5 A 线浅表层沙体地质结构剖面

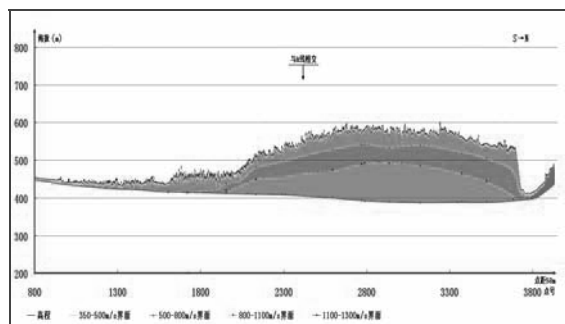


图 6 B 线浅表层沙体地质结构剖面

从整体地震微测井对盆地腹部沙漠浅表层地质结构体分析,以及 A、B 两线直观了解,沙漠中

速度变化在 1800~2100m/s 的潜水面和泥砾岩地质结构面大部分区域都较为平稳,只有西北角和东部出现结构性的变化,其主要因素是西北角沙漠与盐碱戈壁相接壤,沙层下的岩性地质结构变化较为复杂,发育着较多大小不同沟凹结构,使浅表层厚度发生着不同变化。东部主要是山前,地下岩性的抬起导致沙层厚度的底界变化,图 7 是盆地腹部沙漠浅表层结构体速度在 1800~2100m/s 下底界海拔分布。图 8 是盆地腹部沙漠浅表层结构体速度在 1800~2100m/s 下厚度分布,中部靠北为最厚区,最大厚度 380m。西北部是沙漠的次厚区,最大厚度 200m。东南部为沙漠的第三厚区,最大厚度 160m。西南部为沙漠的最小厚区,最大厚度 100m。盆地沙漠区沿北、东、南边缘带都存在新生代,这一部分的厚度一般在 20m。



图 7 盆地沙体浅表层速度 (1800~2100m/s)
下底界结构分布



图 8 盆地沙体浅表层速度 (1700~2100m/s)
下厚度结构分布

4 认识

分析表明古尔班通古特沙漠沙体地质结构规律特性较为明显,沿北、东、南都存在新生代沙丘,不但厚度小,而且沙体结构简单。其它复合型古老区域的沙体厚度不但大,同时沙层地质结构也更为复杂。

通过对沙漠浅表层整体地质结构的分析,可有助于解决地震勘探在资料处理中静校正难点问题的突破。同时对地震勘探设计有着极大的帮助和指导作用,能有效的降低勘探成本;

小折射、大折射和地震微测井对寻找浅表层沙层地质结构都有其各自的优势,这和所要调查的沙层厚度及结构变化的复杂性有着直接关系。在考虑精度和成本的前提下,建议在借用以往资料的同时,使用三种方法的联合调查。

近几年随着生态环境向好的方向转移(雨、雪增多),沙漠植被逐年增多,流动性沙丘面积也在逐渐缩小。因而沙漠沙体结构也随之发生变化,干

沙层厚度在雨季逐渐变薄,湿沙层厚度逐渐增大。沙漠边界的潜水面随着雨、雪水的增多而抬高,出现了相对较好的良性循环。

参 考 文 献 / References

- 王守春.1987.塔里木盆地近现代环境变迁—地理集刊.中国科学院地理研究所,第18号:99~115.
- 郑鸿明,吕焕通,娄兵,邵雨.2009.地震勘探近地表异常校正.北京:石油工业出版社,15~49.
- 薛为平,梁英,刘治凡.2005.准噶尔盆地特殊地表的静校正应用.新疆地质,23(1):210~213.