

文章编号: 1671-8585(2009)02-0122-05

柴达木盆地风成沙漠区地震激发技术的应用

何永清^{1,2}, 甄文胜², 尹吴海², 张立军², 李国顺², 张金岗³

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石油东方地球物理公司青海物探公司, 甘肃敦煌 736202;
3. 中国石油青海油田公司, 甘肃敦煌 736202)

摘要: 风成沙漠区表层吸收衰减十分严重, 造成地震波下传能量很弱, 并且各种干扰极为发育, 使得所获地震资料品质低。首先分析了风成沙漠区的表层地质条件以及干扰波特征, 然后在应用模型正演和精细表层结构调查的基础上, 进行了激发方式、激发井深等试验, 找到了较好的激发介质, 确定了通过组合激发提高风成沙漠区资料品质的地震激发方式。

关键词: 风成沙漠区; 模型正演; 激发岩性; 潮湿沙层

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

柴达木盆地西部南区的沙漠区为青海油田的主要产区之一, 该区为典型的风成沙漠区, 沙子直接覆盖在戈壁砾石之上, 表层非常疏松、干燥, 地震波激发能量吸收衰减严重^[1], 地表条件非常复杂。该区干扰波能量非常强, 面波、多次折射及散射等各种干扰极为发育, 干扰范围大, 使得以往资料的信噪比极低, 严重制约了该区进一步勘探开发的需要。本文针对风成沙漠区的特点, 采取相应的技术措施, 改进激发条件和改变激发方式, 减少线形干扰, 加强了反射波能量^[2], 提高了风成沙漠区资料信噪比, 为油田提供了可靠的地震资料。

1 针对性技术措施

1.1 波动方程正演

波动方程正演模拟技术就是在给定地质模型情况下, 模拟地震波在地下的传播过程。该技术能够模拟成像构造关键部位的反射记录, 预测可能接收的地震记录, 研究地震波穿过强波阻抗面时的运动学和动力学特征, 进一步分析影响地震数据采集质量的主要因素。

当近地表结构复杂(地形起伏、岩性变化等)时, 地震波在近地表不均质体内传播过程中的极化现象非常复杂, 产生能量比有效反射强很多倍的表面波和各种散射波, 地下有效反射波与表面波和散射波在地表附近产生干涉, 有效波出射到地表被压制。通常情况下, 选择在速度较高的地层中进行激发, 以削弱干扰对信号的影响。从正演单炮记录来看, 当激发介质速度为 2 000 m/s 时, 有效信号的能量和信噪比都有大幅度的提升(图 1)。因此, 提高风成沙漠区地震资料品质的关键就是寻找好的

激发介质。

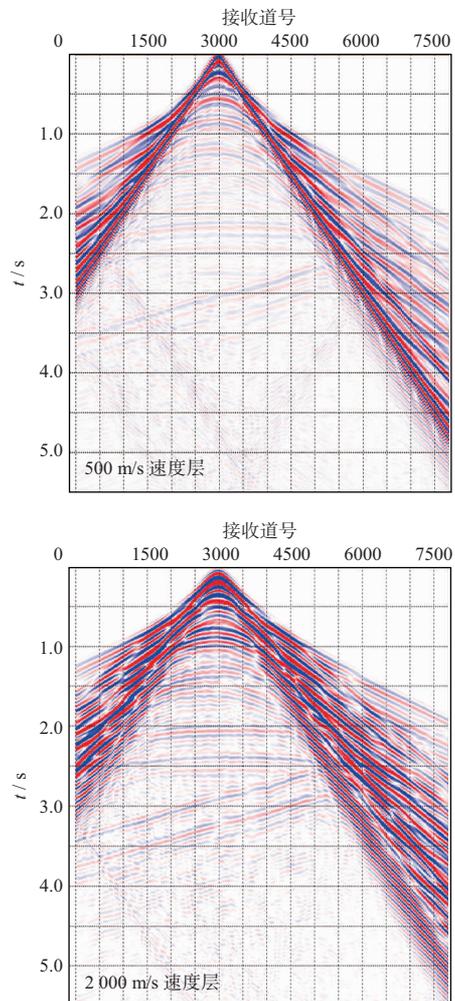


图 1 不同速度介质中激发的模拟单炮记录

收稿日期: 2008-09-17; 改回日期: 2009-2-27。

第一作者简介: 何永清(1969—), 男, 硕士在读, 高级工程师, 东方地球物理公司专家, 任东方地球物理公司敦煌经理部总工程师、东方地球物理公司采集技术支持部副总工程师, 长期从事地震勘探采集方法研究工作。

1.2 精细表层结构调查

在风成沙漠区,微测井是进行表层结构调查最直接和最有效的调查方法。在该区共部署了 9 口微测井(最大井深 153 m)及大量岩性调查井,通过对表层调查资料的对比分析发现,该区高速层顶界面与地下硬质粗砂(黑色小砾石)层有密切的对应关系(图 2),利用风成沙层厚度来检验表层模型的合理性是一种较为直观和有效的方法。风成沙漠

区近地表岩性可以划为 3 层,自上而下分别为:①表层浮沙层,速度为 500~600 m/s;②沉积砂层,主要为砂粒稍粗,局部含有 0.1~0.2 m 厚的小砾石夹层,速度为 800~1 100 m/s;③黑色砾石层,速度大于 1 700 m/s,一般可以认为是高速层(图 2)。风成沙漠区低速带厚度较厚,一般在 100 m 左右变化,最厚能够达到 200 m,因此若要在高速层中进行激发,勘探成本非常巨大。

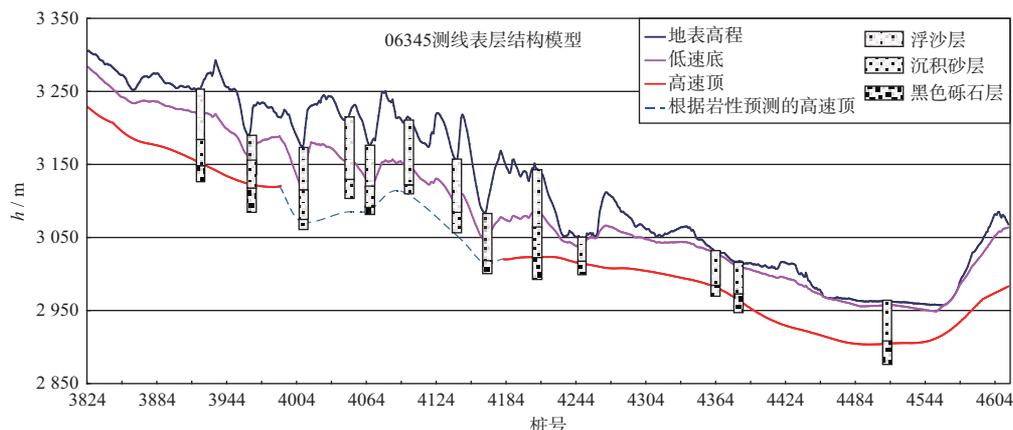


图 2 表层模型及其岩性变化

通过对沙漠近地表沙子的含水性调查发现,地表至 5 m 范围沙层含水量随气候变化而变化,具有季节性,在雨季随着降雨量的增加,含水量增大,沙层潮湿程度变高,在风季则受蒸发作用和重力作用影响,沙层含水量减少,沙层潮湿程度降低;5~12 m 沙层受蒸发作用的影响较小,含水量比较稳定,沙层潮湿程度相对比较稳定;12 m 以下沙层,由于柴达木盆地每年的降雨总量非常小,无法渗透到该层而变得非常干燥(图 3)。通常情况下,潮湿层对地震波的吸收作用较干燥层要小,即近地表的干燥疏松层对地震波的吸收作用最强^[3],因此潮湿层可以作为很好的激发岩层。

水性变化,结果显示,同样是在 5~12 m 的深度发现了潮湿的沙层;然后又对整个沙漠区再选择 4 条南北线进行调查(60 点),也发现了同样的规律;为了进一步查明潮湿沙层在全工区范围的分布特点,将近地表潮湿层调查扩展到全区(共调查 223 个点),经对比分析可知,近地表潮湿层分布规律依旧,验证了对近地表地层潮湿程度变化规律认识的正确性(图 4)。

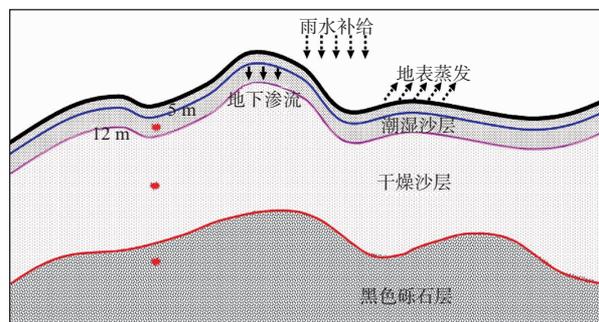


图 3 近地表岩性及其含水性分析示意

这种近地表岩性及其含水性在整个风成沙漠区是否具有普遍性呢?为此,首先对两条攻关线进行了详细的岩性调查(32 点),特别注重岩层的含

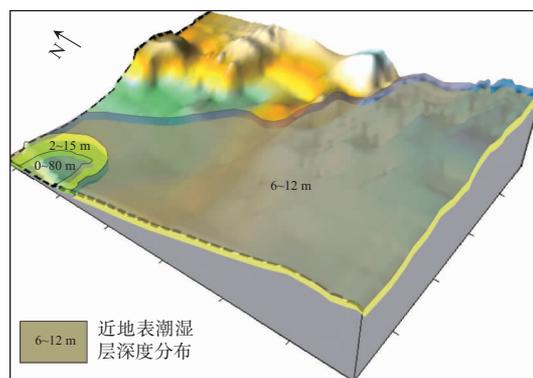


图 4 稳定潮湿层分布示意

1.3 潮湿层激发技术

通过对风成沙漠区的表层结构的深入了解和认识,我们有针对性地进行了细致的激发井深试验。从试验单炮记录上可以清楚地看到,在近地表 8 m 的稳定潮湿沙层中组合激发时,下传能量较强,反射波组连续性较好,线性干扰得到很好的压

制,单炮资料信噪比较高(图 5,图 6,图 7)。

近地表 8 m 的潮湿沙层在全区分布比较稳定,从而找到了可以提高激发效果的“稳定潮湿沙层”,因此在风成沙漠区我们选择了 8 m 的固定深度作为激发井深,使沙漠区得到有效地震反射,单

炮资料品质得以大幅度的提高。

此外,风成沙漠区地表起伏大,组合激发的点位选择和布设十分关键,采用王德志等^[4]提出的避高就低的原则,也可使沙漠区的资料品质有较大幅度的提高。

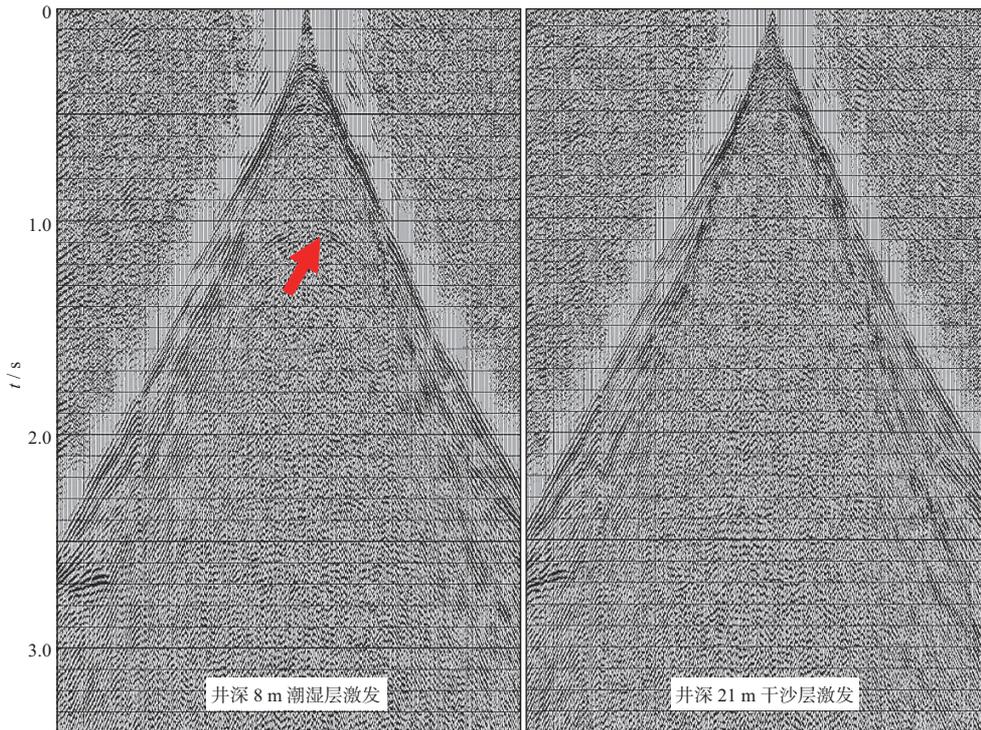


图 5 沙漠边缘不同激发深度记录(30~60 Hz)

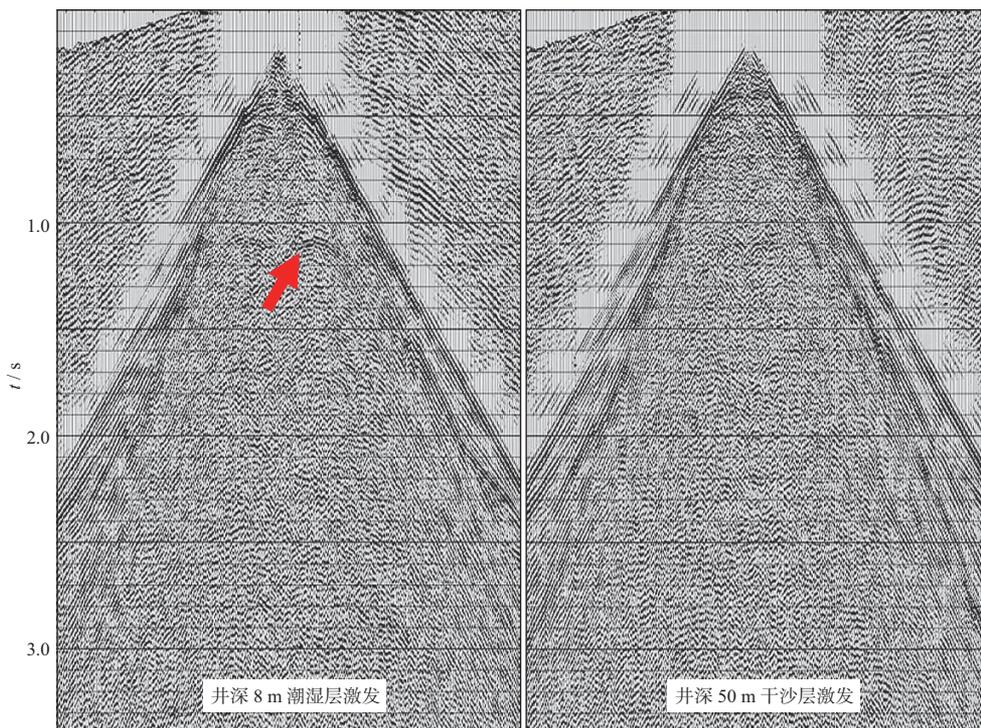


图 6 沙漠腹地不同激发深度记录(30~60 Hz)

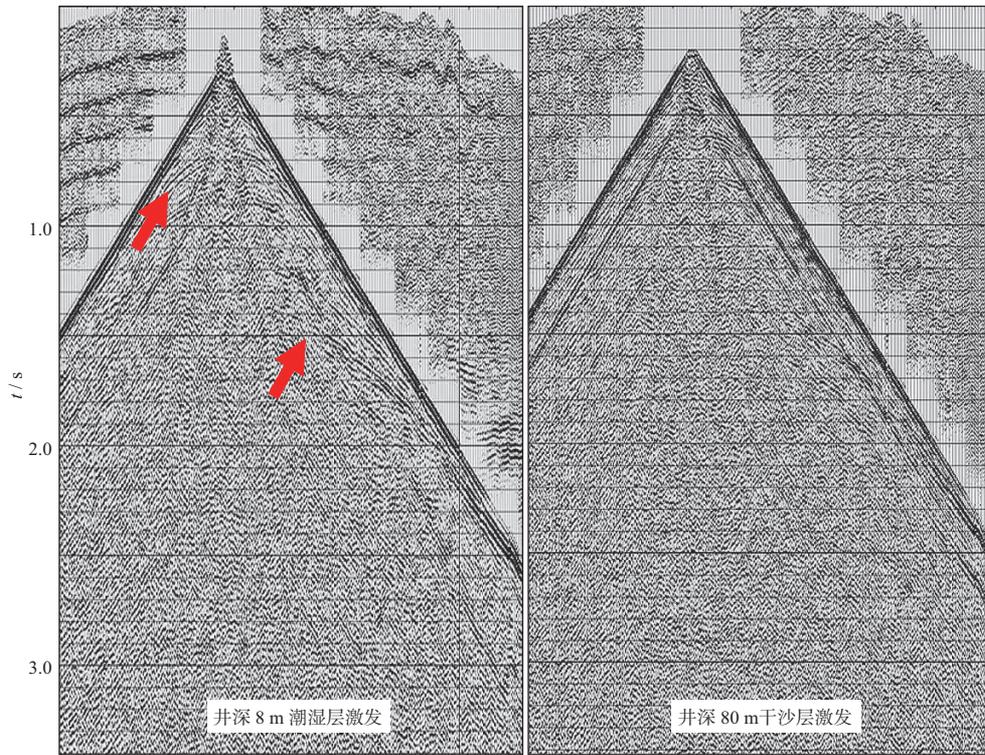


图 7 沙漠腹地不同激发深度记录(30~60 Hz)

2 效果分析

通过风成沙漠区地震激发技术的研究,探索和总结出了一套适合柴达木盆地西部风成沙漠区的

地震激发技术,提高了沙漠区的整体地震资料品质,使断裂带的信噪比和成像效果得到了明显改善(图 8,图 9),断层上下盘地层产状都比较可靠,断层断点清楚,能够清楚反映沙漠区的地下结构情况,提高了该区的地质认识,并新发现了含油气圈闭。

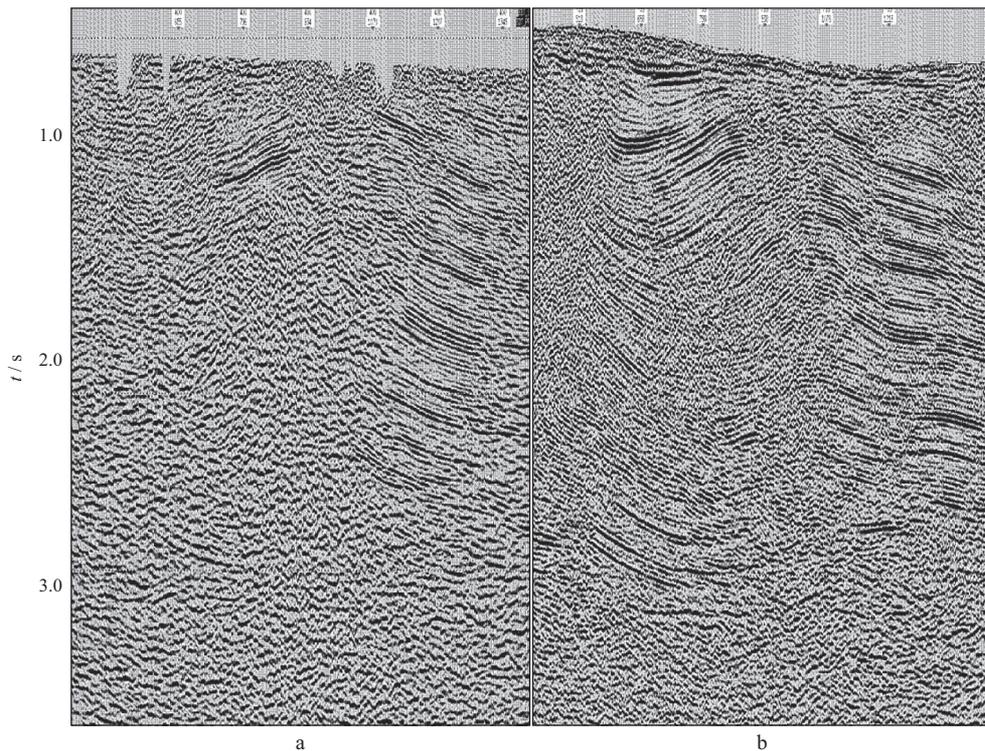


图 8 三维老(a)、新(b)新剖面对比

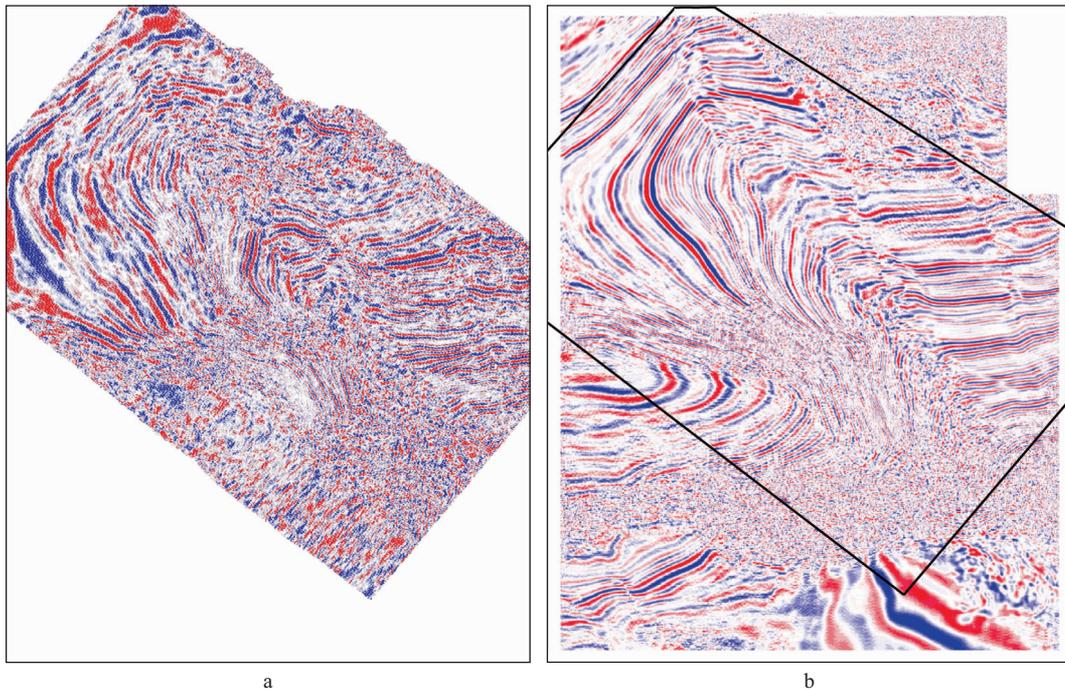


图 9 三维时间切片(600 ms)老(a)、新(b)资料对比

3 结论

通过本次风成沙漠区的激发技术研究,得出如下结论:

1) 波动方程正演模拟可以指导野外激发参数的设计,该技术的应用已成为研究复杂地区地震勘探的有效手段之一。

2) 通过精细表层结构调查了解了近地表结构特征,查清了近地表潮湿层的分布规律,找到了问题的根源,为制定针对性的激发技术措施和高精度静校正奠定了基础。

3) 找到了激发效果最好的稳定潮湿沙层(近地表 8 m),提高了单炮资料品质,风成沙漠区首次

得到有效地震反射,为下一步的油气勘探奠定了重要的资料基础。

感谢东方地球物理公司研究院敦煌分院提供资料!

参 考 文 献

- 1 张一伟,党玉琪. 柴达木盆地油气勘探论文集[M]. 北京:石油工业出版社,2004. 20
- 2 李庆忠. 关于低信噪比地震资料的基本概念和质量改进方向[J]. 石油地球物理勘探,1986,21(4):359
- 3 李庆忠. 走向精确勘探的道路[M]. 北京:石油工业出版社,1994. 33
- 4 王德志,贾烈明. 沙漠地区地震采集避高就低方法探讨[J]. 石油物探,2003,42(3):350~354

(编辑:顾石庆)