

塔河油田古生界碎屑岩岩石物理特征

冯兴强, 张忠民

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 以岩石物理理论为基础, 在变温、变压条件下对塔河油田志留系和泥盆系岩样进行超声波纵、横波速度及密度测定, 岩石物理试验表明塔河油田饱水岩样、饱油岩样和泥岩, 纵波速度和横波速度都具有很好的线性关系, 岩石的纵横波速度均随着温度压力的增加而增大。干岩石以及饱含水岩石的纵横波速度均随着岩石孔隙度的增加而变小。采用 Shuey 近似理论, 根据测定的岩石物理参数, 进行了 AVO 正演模拟, 结果表明塔河地区研究目的层的 AVO 异常类型属于第一类。

关键词: 塔河油田; 岩石物理; 古生界; 碎屑岩

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2011)02-0183-05

地震岩石物理学是油气勘探的基础, 是应用地震及测井资料研究储层和进行油气预测的理论基础。岩石物理分析主要研究地球物理勘探所获得的物理量与地下储层参数的对应关系, 二者对应关系的确定程度必然影响到地球物理探测结果、储层解释能力及其效果。对于地震勘探, 确定地震波特征的因素除激发、接收条件外主要受岩石的弹性模量、密度和吸收等特性的影响, 而这些特性又与岩石成分、孔隙度、埋深、孔隙内流体性质、压力、岩层的不均匀性以及其他的地质特性密切相关, 了解岩石物性与地震波特性的关系可以更好地研究储层性质(孔隙度、渗透率)及其状态(饱和度、孔隙压力等)。利用岩石物理技术研究的成果, 可以提供各种对储层识别及含油气性分析的敏感岩石物理参数, 有效指导储层反演技术。

近年来, 塔河油田碎屑岩油气地球物理勘探已由构造勘探向岩性勘探和储层研究方面发展。地震方法广泛用于储层预测和流体识别等, 这就要求了解更多的岩石物性信息, 传统上只用密度(ρ)和纵波速度(v_p)信息已经远远不能满足当前实际的需要。近年来人们虽然注重研究纵、横波速度在不同岩石中的传播规律, 但由于以往对横波速度(v_s)测定的很少, 资料又不多, 得到的规律只能适用于特定的地区。因此为了更好地开展勘探工作, 笔者针对塔河油田碎屑岩, 选择志留系和泥盆系地层为研究对象, 开展了岩石物理实验研究, 通过研究, 提出了

不同状态下岩石纵、横波的变化规律。

1 地质概况及实验测量

塔河油田构造位置主体位于沙雅隆起阿克库勒凸起, 作为塔里木盆地的一部分, 研究区是在前震旦纪陆壳基底上发展起来的复合叠合盆地。2000年以来, 随着塔河奥陶系油藏的勘探进程, 位于塔河地区的多口井, 连续钻遇上泥盆统东河塘组(D_3d)、志留系柯坪塔格组(S_1k), 累计视厚度从几十米至500多米; 有70多口井钻遇较好油气显示, 并解释出油层, 部分井获得工业油气流, 显示塔河油田古生界碎屑岩良好的勘探潜力。

本次研究实验所用岩芯在13口井取样, 来自塔河西南部泥盆系和志留系地层, 其中砂岩18块, 泥岩3块。岩芯标本加工成圆柱体, 直径25 mm, 长度20~50 mm。岩芯测量是在中科院地质与地球物理研究所地球动力学高温高压开放研究实验室完成的, 主要使用泛美公司的方波脉冲接收器等产品。实验数据包括常温、常压和地层条件下纵、横波速度、密度的测量。前者是在通常室温、零围压(单轴)条件下测量岩样的纵、横波速度和密度, 后者是在模拟岩样所处地层深度的温度压力环境条件下测量岩样的纵、横波速度和密度。同时还测试了饱含不同流体(油、水)条件下岩样的纵、横波速度和密度, 以此来研究不同介质对声学参数的影响。

2 测量结果及规律

2.1 纵波与横波的关系

纵、横波速度关系是我们用地震资料或测井资料确定岩性及直接检测油气的重要因素,受到很多学者们的重视。纵波速度和横波速度在一定速度范围内具有较好的线性关系,它在流体替代和横波速度反演中起重要的作用。Greenberg 和 Castagna 给出了砂岩、泥岩、灰岩及白云岩的纵波速度与横波速度之间的关系:

$$\text{水饱和砂岩 } v_s = 0.804v_p - 0.856;$$

$$\text{灰岩 } v_s = -0.055v_p^2 + 1.017v_p - 1.03;$$

$$\text{白云岩 } v_s = 0.583v_p - 0.078;$$

$$\text{泥岩 } v_s = 0.770v_p - 0.867。$$

通过对研究区测试数据分析(图1)可以看出,饱含水、饱含油和泥岩情况下,纵波速度和横波速度都呈很好的线性关系,具体关系为:

$$\text{水饱和砂岩 } v_s = 0.7794v_p - 776.95;$$

$$\text{油饱和砂岩 } v_s = 0.4405v_p + 629.07;$$

$$\text{泥岩 } v_s = 0.6834v_p - 427.39。$$

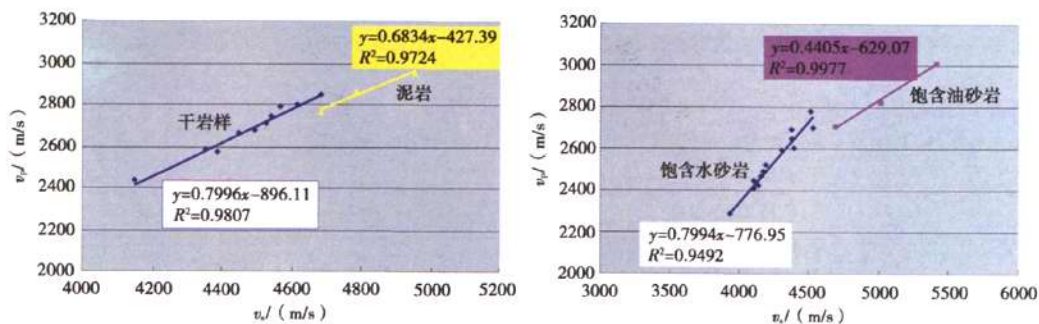


图1 塔河油田托甫台地区岩石纵、横波速度交会图

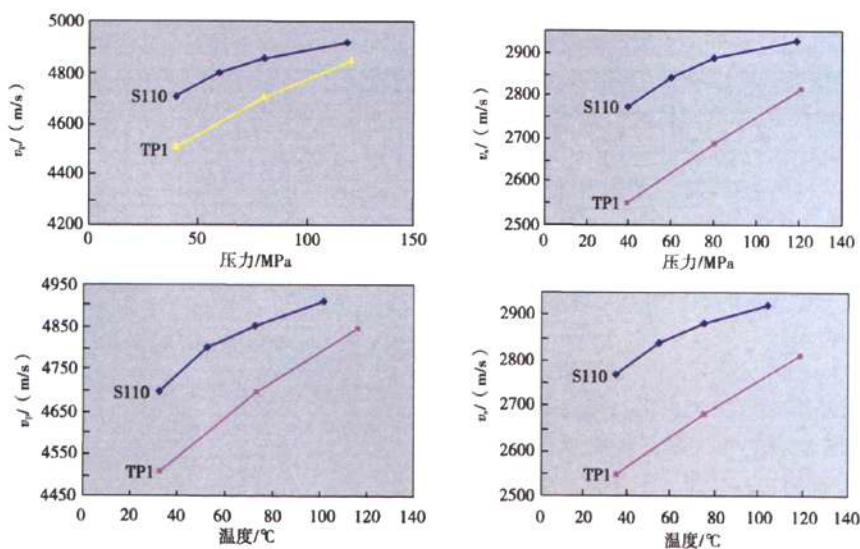


图2 塔河油田托甫台地区岩石纵、横波速度随温度、压力变化示意

2.2 温度和压力对岩石纵、横波速度的影响

温度、压力对岩石纵、横波速度影响很大,为了研究岩石纵、横波速度随温度、压力的变化,对所分析的样品在不同温度、压力条件下进行了岩石物理实验,测量了这些条件下岩石的纵、横波速度,从实验结果可以看出,岩石的纵、横波速度均随着温度压力的增加而增大(图2)。

2.3 孔隙度对岩石纵、横波速度的影响

孔隙度是影响岩石纵、横波速度的重要因素,通过对岩石物理实验数据分析,无论是干岩石还是饱含水岩石的纵、横波速度,它们均随着岩石孔隙度的增加,总体趋势变小(图3)。

2.4 饱含水、饱含油时岩石纵、横波速度的变化

岩石中所含流体不同,其纵、横波速度也有差

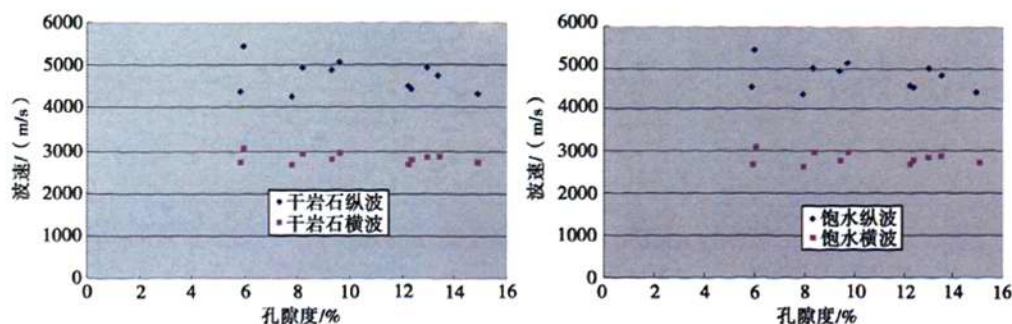


图3 塔河油田托甫台地区岩石纵、横波速度随孔隙度的变化

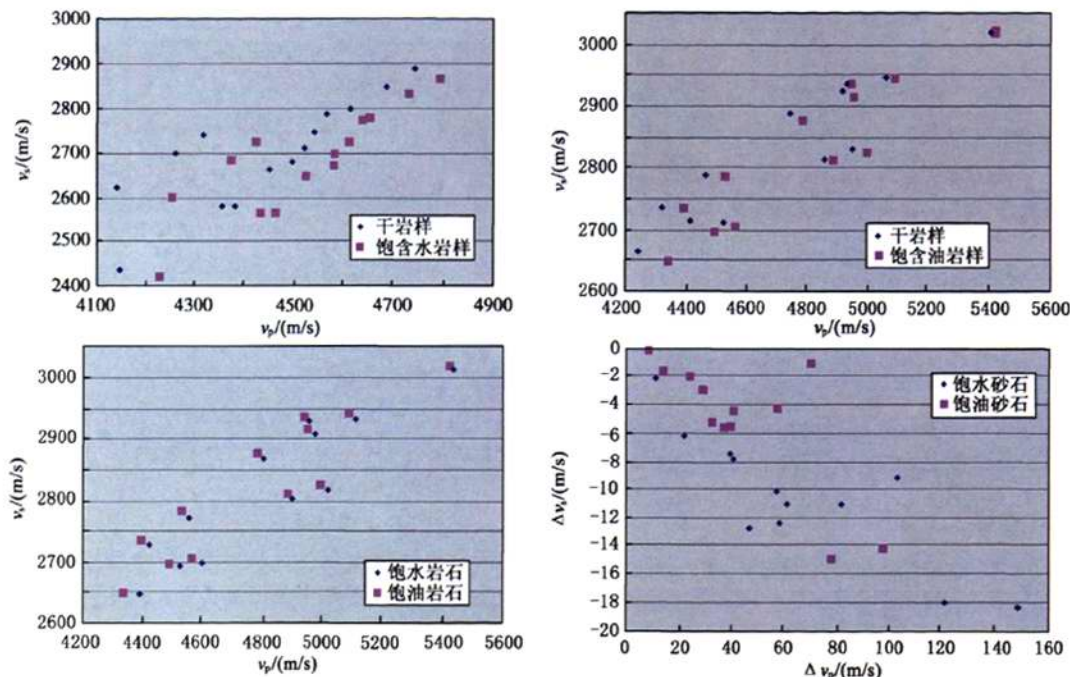


图4 塔河油田托甫台地区饱含油、水时岩石纵、横波速度变化

异。将测量数据进行交汇(图4),交汇结果显示:完全饱气的样品(干样)经水或油等液态介质饱和后,纵波速度会显著增加、横波速度变化不大或略有减小,样品从完全饱水到完全饱油时,其纵波速度变小,横波速度增加。

3 AVO 正演分析

AVO 是振幅随偏移距变化(amplitude variation with offset)或振幅和偏移距关系(amplitude versus offset)的英文缩写。顾名思义,AVO 是最近兴起的一项利用振幅随偏移距变化特征分析和识别岩性及油气藏的地震勘探技术,AVO 技术是以弹性波理论为基础,利用叠前 CDP 道集对地震反射振幅随炮检距(或入射角)的变化特征进行研究,分析振幅随炮

检距的变化规律,得到反射系数与炮检距之间的关系,并对地下反射界面上覆、下伏介质的岩性特征和物性参数作出分析,达到利用地震反射振幅信息检测油气的目的。

3.1 AVO 分类

Rutherford(1989)根据气层的波阻抗特征和泊松比特征,将气层分为三类,Castagna(1997)根据 AVO 的属性一截距和梯度的位置将 Rutherford 模型扩展为四类(图5)。第一类(I)为高阻抗含气砂岩,储层的波阻抗比上覆介质高,其 AVO 特征为:零偏移距振幅强且为正极性,AVO 呈减小趋势,当入射角足够大时极性反转。第二类(II)为近零阻抗差的含气砂岩,储层的波阻抗与上覆介质相近,其 AVO 特征为:零偏移距振幅很小,趋于零,因此在零

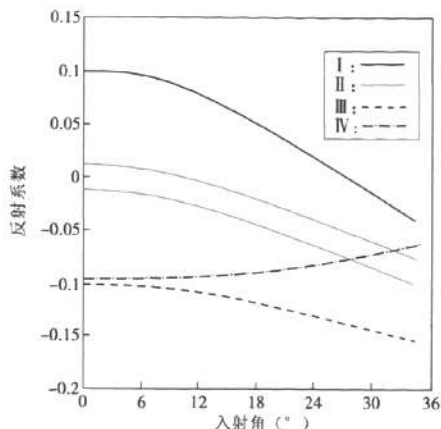


图5 塔河油田托甫台地区 AVO 异常类型

偏移距附近观察不到 AVO 现象;第三类(Ⅲ)和第四类(Ⅳ)为低阻抗含气砂岩,储层的波阻抗比上覆介质低,其 AVO 特征为:零偏移距振幅很强,呈负极性,第三类反射系数绝对值随入射角增大而增大,第四类反射系数绝对值随入射角增大而减小。

3.2 研究区 AVO 异常类型

为了研究目的层 AVO 异常类型,选取 TP1 井目的层段来开展工作,该层段深度为 5 541 m,岩性为浅灰—灰褐色油浸细粒岩屑石英砂岩,岩石物理实验测定的参数见表 1,上、下泥岩的岩石物理参数:密度 = 2.6 g/cm³; v_p = 4 686.93 m/s; v_s = 2 764.04 m/s。

表 1 浅灰—灰褐色油浸细粒岩屑石英砂岩岩石物理参数

含水饱和度 %	含油饱和度 %	密度 g/cm ³	v_p m/s	v_s m/s
0	0	2.65	2830.48	4951.43
100	0	2.73	2819.44	5012.09
0	100	2.71	2821.23	4996.79

利用上述参数,采用 Shuey 近似公式进行了 AVO 正演计算,从图 6 中可以看出,该区 AVO 异常类型属于第一类。

4 结论

通过对塔河油田 18 块岩芯的实验测试数据分析,总结分析了岩石在储层条件下饱和不同流体时的纵、横波速度间,孔隙度与纵、横波速度的规律及其认识。同时在此基础上进行了 AVO 正演研究工作,结果表明:

(1) 饱水岩样、饱油岩样和泥岩,他们的纵波速

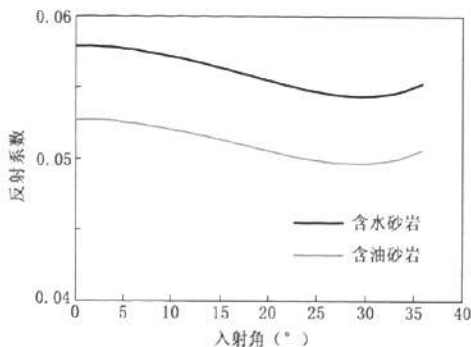


图6 研究区目的层的 AVO 特征

度和横波速度都具有很好的线性关系,岩石的纵、横波速度均随着温度压力的增加而增大;干岩石以及饱含水岩石的纵、横波速度均随着岩石孔隙度的增加而变小。

(2) 当样品从完全饱水到完全饱油时,其纵波速度变化很小;横波速度的变化量显著大于纵波;完全饱气的样品(干样)经水或油等液态介质饱和后,纵波速度会显著增加,横波速度变化不大或略有减小;样品从完全饱水到完全饱油时,其纵波速度变小,横波速度增加。

(3) 利用 Shuey 近似公式对研究区的 AVO 特征进行了研究,认为塔河油田志留系、泥盆系的 AVO 异常类型属于第一类。

(4) 这些规律性认识对于研究储层的地球物理响应特征具有重要意义,同时也可有效指导地震反演工作的开展,为塔河油田油气勘探和开发服务。

参考文献:

- [1] 沈建国,陈宇,袁福文,等.用两个不同源距的声波测井全波波形计算纵波和横波波速[J].石油物探,2002,41(2):115-120.
- [2] 史谓,杨东全.岩石波速和孔隙度、泥质含量之间的关系研究[J].北京大学学报:自然科学版,2001,37(3):379-384.
- [3] 张永刚.地震波阻抗反演技术的现状和发展[J].石油物探,2002,41(4):385-390.
- [4] 祁少云.地震反演论文集[M].北京:石油工业出版社,1992.
- [5] 郑晓东.AVO 正反演方法及其应用[J].石油地球物理勘探,1991,26(6):766-776.
- [6] Smith George C, Sutherland Robin A. Short note: The fluid factor as an AVO indicator[J]. Geophysics, 1996, 61(5): 1425-1428.
- [7] Zoeppritz K. Erdbebenwellen VIII B. On the reflection and propagation of seismic waves[J]. Gottinger Nachrichten, 1919, 1: 66-84.

PETROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF PALAEOZOIC CLASOLITE IN THE TAHE OILFIELD

FENG Xing-qiang, ZHONG Zhong-min

(*Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China*)

Abstract: Based on the petrophysics theory, the authors measured the samples from the Silurian – Devonian Tertiary formation in the Tahe oilfield for ultrasonic compressional and shear wave velocities in rocks under the conditions of various temperatures, pressures and densities. The results show that the compressional and shear wave velocities show linear relationship in mudstone and sandstone fully saturated with water and oil. The rock velocities increase with the increasing temperature and pressure, whereas the rock velocities decrease with the increasing porosity in dry core samples and samples saturated with water. According to Shuey's approximation, AVO forward modeling was conducted on the basis of petrophysical parameters. It is indicated that the AVO abnormal responses from Silurian – Devonian reservoir property belong to Class One in the Tahe oilfield.

Key words: Tahe oilfield; Petrophysics; Palaeozoic; clasolite

作者简介: 冯兴强(1975 –), 男, 汉族, 河南南阳人, 博士, 从事地质及地球物理研究, 公开发表学术论文数篇。

上接 182 页

THE EFFECT OF GEOCHEMICAL EXPLORATION AND THE DISCOVERY OF GOLD AND MOLYBDENUM POLYMETALLIC ORE DEPOSITS IN SONGSHAN DISTRICT OF CHIFENG CITY, INNER MONGOLIA

WANG Qiu-yin, CHENG Hua-sheng

(*No. 519 Geological Party, North China Bureau of Geological Exploration, Baoding 071000, China*)

Abstract: The Mengguyingzi ore district lies in the Chifeng-Chaoyang gold ore belt and Xilamulunhe metallogenic belt. Through 1: 25000 reconnaissance and 1: 10000 detailed investigation, geophysical and geochemical anomalies of the ore deposit were discovered. Drilling verification shows that this ore deposit is a metallic sulfide deposit with abundant gold and molybdenum. This ore deposit deserves further ore prospecting work in that its size is fairly remarkable.

Key words: geochemical anomaly; prospecting effect; prospecting target; Songshan district of Chifeng City

作者简介: 王秋印(1965 –), 男, 化探高级工程师, 长期从事地球化学找矿工作, 发表论文多篇。