

文章编号: 1009-3850(2004)03-0108-05

苏北海中地区火成岩储层预测及其应用

石胜群¹, 杨德洲¹, 张秀萍², 赵国辉¹, 张 玲¹

(1. 中国石化江苏油田分公司物探技术研究院, 江苏 南京 210046; 2. 中国石化江苏油田分公司地质科学研究院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 海中地区火成岩发育, 为含油层序, 但地震地质条件复杂, 受火成岩影响资料品质较差, 火成岩与地层解释有较大难度。笔者应用测井、地球物理方法结合钻井资料, 重点介绍利用火成岩的高速、高阻抗特征, 应用 STRATA 测井约束反演对火成岩进行地震识别; 应用 EMERGE 孔隙度反演技术, 预测火成岩厚度与孔隙度。

关键词: 火成岩; 储层预测; 苏北

中图分类号: TE122.2⁺22

文献标识码: A

1 前 言

海中地区位于苏北盆地海安凹陷海中断隆带上, 该区火成岩发育, 储层类型多样, 其中主要的勘探目的层为白垩系泰州组和古近系阜宁组地层, 即泰州组一段砂岩($K_2 t_1$)、阜宁组二段($E_1 f^2$) 和阜宁组三段($E_1 f^3$) 玄武岩及泰州组辉绿岩接触变质岩储层。该区油气显示活跃, 21 口钻井中有 13 口井在不同层段见到了不同级别的油气显示, 其中就有 7 口井在火成岩层段储层中见到良好的油气显示, 两口井在阜宁组二段玄武岩、阜宁组三段辉绿岩中获得低产油流。

综合评价认为, 海中地区具有较好的石油地质条件, 但地震地质条件复杂, 表现为断层众多, 构造破碎, 受火成岩影响资料品质较差, 火成岩与地层解释有较大难度。

海中地区历经多轮油气勘探, 一直未能取得大的场面, 火成岩储层油气勘探进程受困扰技术瓶颈之一是火成岩储层预测难题^[1,2], 而火成岩形成时的条件是对油气地质条件影响和作用的主要因

素^[3]。本文运用测井、地球物理方法, 结合实际钻井资料, 对研究区内火成岩的厚度及物性横向变化进行预测。

2 火成岩地震剖面特征

利用地震资料的储层预测方法由来已久^[4], 人们在使用过程中不断进行完善, 使这一技术得到了进一步的发展。

区内火成岩有两类, 一是玄武岩, 二是辉绿岩, 其地震剖面特征如下:

(1) 阜宁组发育有一、二、三段玄武岩 3 套, 且以二段玄武岩分布最为广泛。玄武岩在地震剖面上表现为与上、下地层产状一致, 一般呈现 1~2 个较强的低频反射特征。

(2) 不同期次侵入的辉绿岩, 其侵入方式、厚度大小、分布范围在不同地区表现不一。阜宁组三段辉绿岩上、下窜层范围较大, 局部地区有顺层侵入; 泰州组辉绿岩基本是顺层侵入泰州组二段地层, 局部地区微窜层于泰州组一段地层中。

(3) 火成岩反射总体特征是低频、强振幅, 一般

收稿日期: 2003-12-30

第一作者简介: 石胜群, 女, 1969 年生, 工程师, 从事地震解释及地质综合评价研究工作。

对下伏地层反射能量具有较强的屏蔽作用,使有效波反射特征与产状不清晰。

(4) 整体来说,玄武岩不及辉绿岩反射特征明显。

3 火成岩厚度预测

区内与上下地层产状一致的火成岩主要有 E_1f^2 玄武岩与 K_2t 顺层侵入辉绿岩,与上下地层产状不一致的火成岩主要有 E_1f^3 窜层侵入辉绿岩。

3.1 与上下地层产状一致的火成岩预测

E_1f^2 玄武岩主要位于七尖峰的泥灰岩中,玄武岩的顶面与 $T_3^3(E_1f^2$ 底部) 反射层面近乎相同, K_2t 段顺层侵入辉绿岩顶面也与 T_4^0 反射层面相近,结合前人方法^[5](张云银、胡强等, 1999, 火成岩描述及其消除干扰的方法。崔汝国、张敏等, 1999, 博兴洼陷与火成岩有关油气藏的研究), 这两种火成岩厚度预测方法与步骤如下:

(1) 从井资料出发,在声波合成记录层位标定基础上,依据“低频、强振”反射特征,对火成岩进行初步解释。

(2) 测井约束反演,依据反演速度剖面,对火成岩进行精细解释^[6]。

(3) 基于精确解释进行第二次测井约束反演,并提取火成岩平均层速度。

利用三维波阻抗、速度数据体资料与二维测线速度数据剖面,沿 T_3^3 、 T_4^0 反射层向下切25ms地震时窗,提取平均层速度属性。平均层速度切片的高值区即为 E_1f^2 段玄武岩与 K_2t 段辉绿岩的发育区。

图1为三维沿 T_3^3 (向下25ms) 层速度切片,无玄武岩分布的七尖峰泥灰岩段层速度约为3000m/s,速度高值区(玄武岩)位于三维区的西北部,由an9井向南、向东速度逐渐减小。高值区与低值区存在一明显的速度突变线,玄武岩尖灭点位置大约对应于3340m/s等值线。

(4) 编制火成岩厚度图。从区内钻遇玄武岩井的玄武岩速度与厚度关系图(图2)上可以看到,玄武岩速度与厚度具有线性正相关变化规律,其关系方程为 $h=0.0836v-266.78$,由此方程可将玄武岩平均层速度图转换为玄武岩厚度分布图(图3),其中的0厚度线即为玄武岩尖灭线。

3.2 窜层辉绿岩预测

E_1f^3 辉绿岩厚度预测相对比较简单,由于其速度大于玄武岩速度,且窜层现象与波组特征明显,因此可直接依据波组特征进行解释。在测井约束反演的基础上,沿辉绿岩解释层面向下开合适长度的时窗,通过火成岩厚度预测,以0厚度线圈定火成岩的分布范围。

预测结果表明:玄武岩主要分布在中部和西北

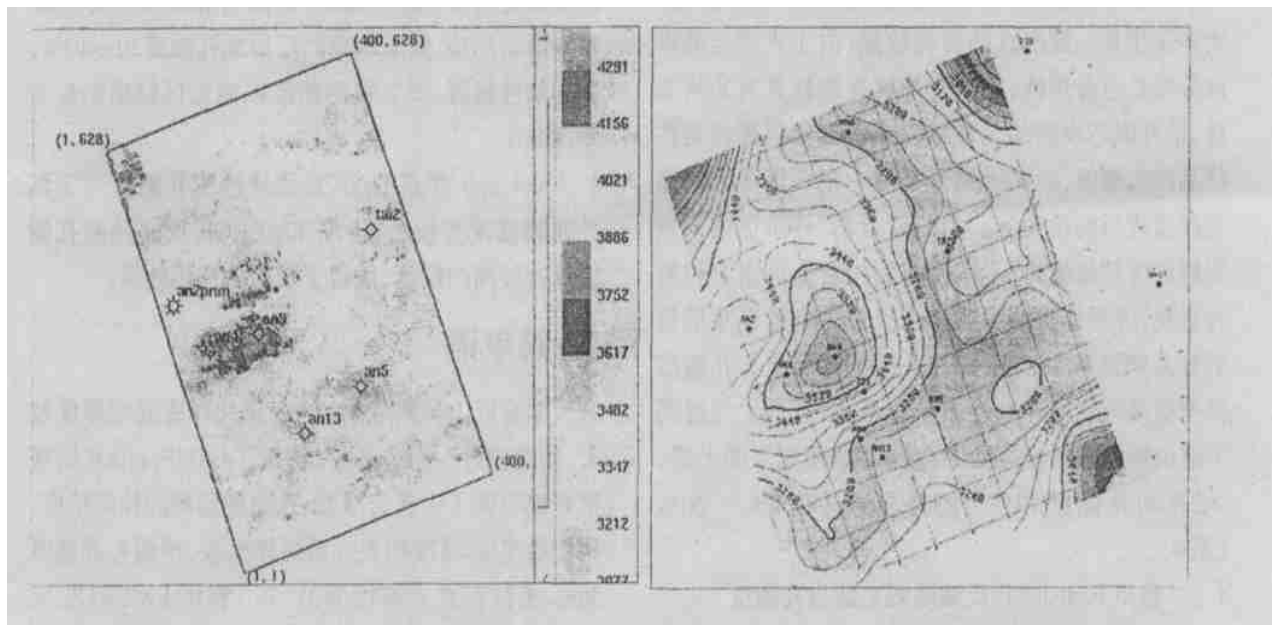


图1 海中三维 T_3^3 反射层向下25ms的层速度切片与等值线图

Fig. 1 Isogram and section of the interval velocities (25 ms downwards) along T_3^3 reflecting horizons in the Haizhong region

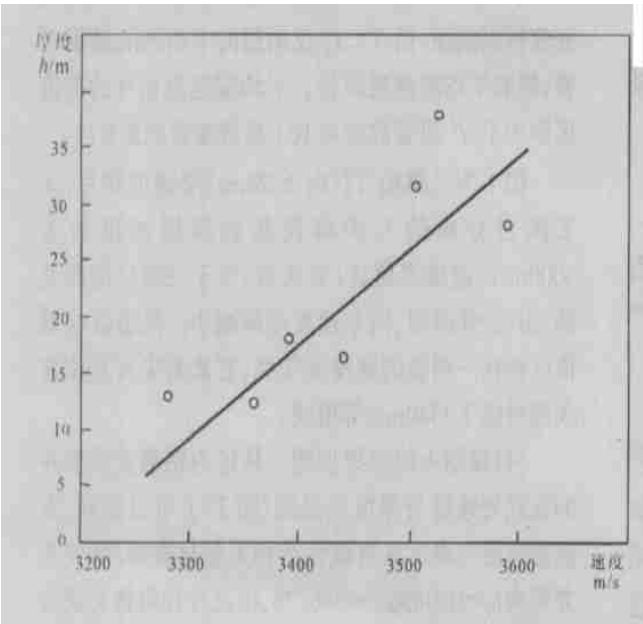


图2 玄武岩速度与厚度关系图

Fig. 2 Velocity vs. thickness plot of basalts

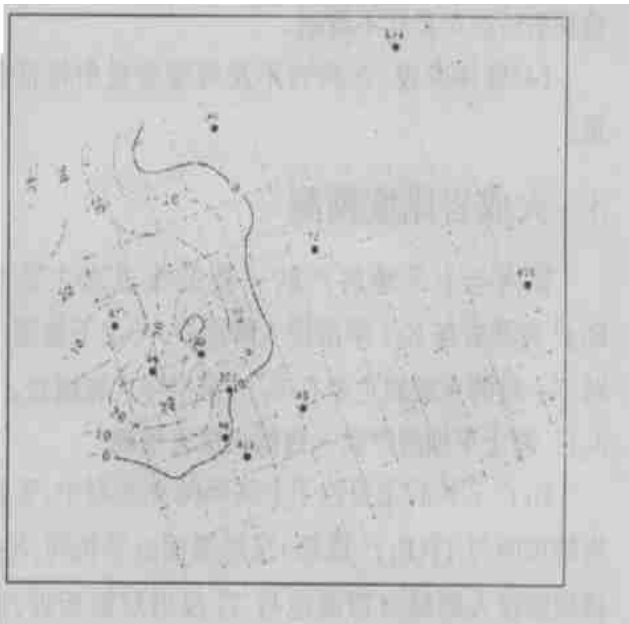


图3 玄武岩厚度分布图

Fig. 3 Distribution of the thickness of basalts

部,在an9井以北玄武岩最厚达50m,向东逐渐减薄;an2以北玄武岩逐渐加厚,显示区以外北部地区玄武岩广泛分布的趋势。由测井约束反演预测的厚度与实钻井较为吻合。

4 火成岩孔隙度预测

4.1 利用斯伦贝谢 P 包测井资料解释孔隙度

以往储层预测反演所用的井点约束物性参数,大多采用某一深度点的实测数据,由于火成岩的垂向分布具有分层性,其储集体储集物性具有非均质性,钻井取芯表征的仅是某一窄深度段范围内岩性样品的实测值,而储层预测是对一定厚度的有效储集层段进行物性预测。为全面分析、评价区内火成岩储层的储集能力,本次研究利用斯伦贝谢 P 包测井资料,解释出能够表征整个火成岩有效储集层段的测井物性参数,为后续 EMERGE 反演与孔隙度预测提供可靠的井点约束控制参数,从而大大提高了储层预测的精度。从 P 包测井解释成果图上看,an2井的孔隙度 10%~23%,an4井为 5%~20% (图 4)。

4.2 利用 EMERGE 反演预测玄武岩孔隙度

EMERGE 反演是分析井曲线和地震数据的程序,它寻找井点处的地震数据与测井曲线之间的关系,并利用这个关系在地震数据体内“预测”或估算

测井曲线属性。EMERGE 孔隙度多属性线性回归反演,是利用已知井的孔隙度与地震内部属性,以及输入的声波、密度等外部属性,综合推测地质空间体孔隙度的一种方法。

从玄武岩反演孔隙度剖面可以看出,沿 T_3^3 反射界面孔隙度变化没有一定的规律,纵向非均质性很强。平面上,地震 T_3^3 解释层位以下25ms时段的层孔隙度切片(图 5)揭示,玄武岩孔隙度整体呈北高南低的趋势,安 2 块南断层以北孔隙度20—40%,储层物性较好,安 2 块南断层以南地区储层物性变差(图 6)。

an4、an9 井点 E_{lf}^2 玄武岩预测孔隙度与实钻井孔隙度误差较小,说明 EMERGE 反演预测孔隙度具有较高的精度,取得了较好的应用效果。

5 结束语

综合以上预测成果,2003 年选择玄武岩厚度较大、物性较好一构造高点,钻探了tai3井,tai3井钻探很好地验证了火成岩厚度、孔隙度预测的较高精度:利用层速度-厚度相关关系解释模板,预测玄武岩厚 30m,实钻玄武岩厚度为 31.5m;利用 EMERGE 反演孔隙度预测技术,预测an2北 I 块玄武岩储层孔隙度在 20%~30%之间,实钻玄武岩取芯实测孔隙度为 29.3%,与钻前预测基本吻合。

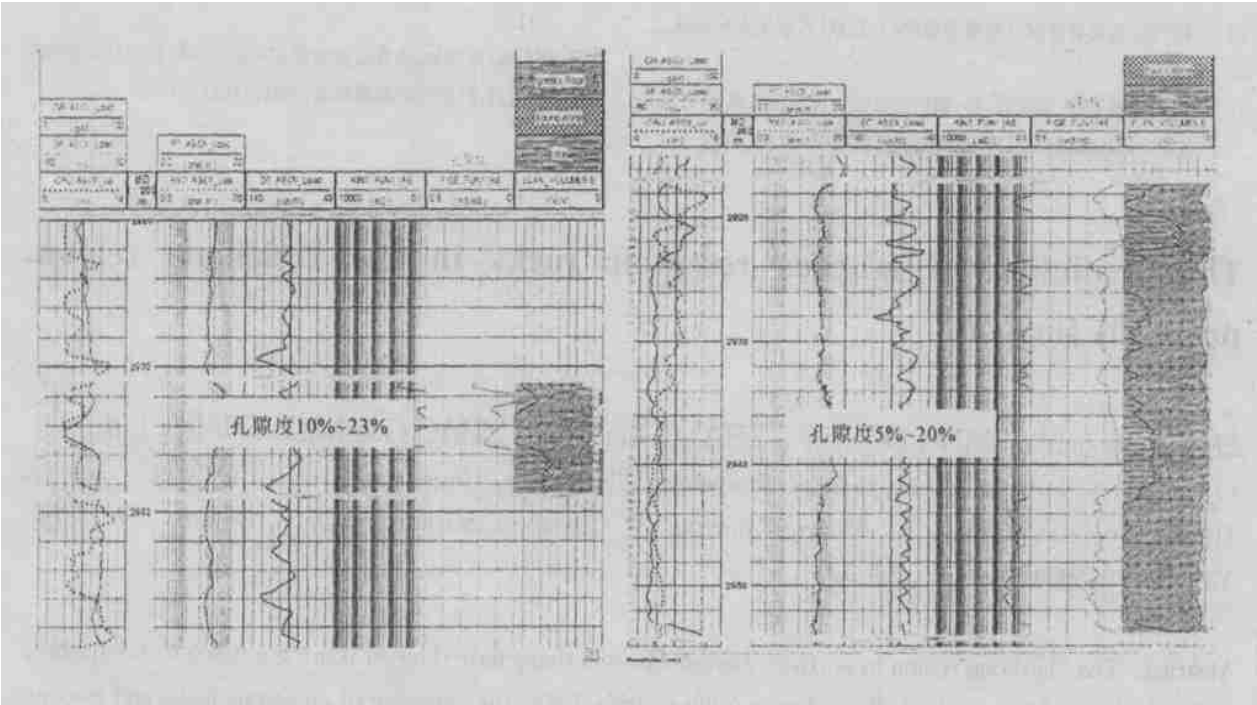


图 4 an2、an4 井 P 包测井解释成果图

Fig. 4 Interpretation of well logs for an2 and an4 wells

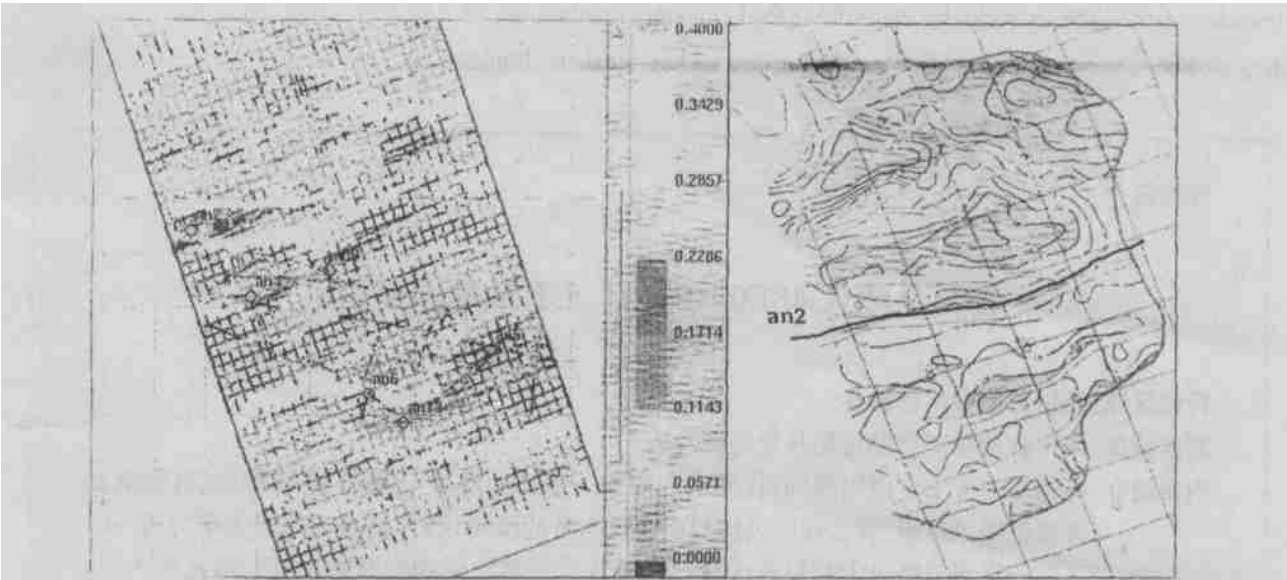


图 5 T_3 反射层以下 25ms 时段孔隙度切片

Fig. 5 Section of the porosity at the interval of 25 ms beneath the T_3 reflecting horizons

图 6 海中三维 E_1f_2 玄武岩孔隙度预测图

Fig. 6 Prediction of the porosity of the basalts from the second member of the Palaeogene Funing Formation in the Haizhong region

参考文献:

[1] 潘祖福. 地震采集方法和储层预测技术的探讨[J]. 石油地球物

理勘探, 38(1): 88—90.

[2] 王西文, 刘全新, 周嘉玺, 等. 精细储层预测技术在板南 5—3 井区的应用[J]. 石油物探, 2003, 42(3): 389—394.

[3] 李天顺. 油气勘探中的火成岩问题(II): 火成岩对油气地质条件的影响和作用[J]. 油气勘探技术信息, 1996, (3): 6—8.

[4] 朱广生.地震资料储层预测方法[M].北京:石油工业出版社,1995.

[5] 吴义杰,高德群,谢美云,等.储层综合描述技术在江苏XYZ地区复杂断块群的应用[J].石油地球物理勘探,2000,35(1):111—118.

[6] 隋少强,孙尚如.焉耆盆地宝浪油田宝中区块波阻抗反演储层预测[J].沉积与特提斯地质,2001,21(1):33—37.

The prediction of igneous reservoir rocks in the Haizhong region, northern Jiangsu

SHI Sheng-qun¹, YANG De-zhou¹, ZHANG Xiu-ping², ZHAO Guo-hui¹, ZHANG Ling¹
(1. *Research Institute of Geophysical Prospecting Technology, Jiangsu Branch, SINOPEC, Nanjing 210046, Jiangsu, China*; 2. *Research Institute of Geological Sciences, Jiangsu Branch, SINOPEC, Yangzhou 225009, Jiangsu, China*)

Abstract: The Haizhong region in northern Jiangsu Basin is characterized by oil-bearing igneous rock sequences. However this region is geologically and seismically variable due to the existence of numerous faults and fractured structures, and thus may be problematic in the interpretation of the volcanic rocks and stratigraphy. The present paper deals with the seismic recognition of the igneous rocks in the light of high velocity and high resistivity of the igneous rocks by using STRATA well logging inversion technique, and prediction of thickness and porosity of the igneous rocks by using EMERGE inversion technique.

Key words: igneous rock; prediction of reservoir rocks; northern Jiangsu

资料简介

德昌县幅(G48E004001)1:5万地质图说明书

行政区域:四川省凉山州德昌县
完成单位:四川省地质矿产勘查局开发局攀西队
内容简介:将德昌一带安宁河以西“时代不明变质岩”,解体为震旦纪苏雄、观音岩组、灯影组及志留纪嘶风崖组,首次在嘶风崖组中获得丰富的藻类化石,该套变质岩为华力西—印支期安宁河与磨盘山断裂带区域性隆升背景下南北向线型断陷、变形、辩正的产物。采用岩石谱系单位等级体制填图方法,将出露的侵入岩分解出侵入体151个,划归24个单元、8个超单元及4个超单元组合,侵位时期厘定为古元古代、中元古代、晚二叠世、晚三叠世4个时期,建立了图区侵入岩岩石谱系单位系统。对第四纪松散堆积物,进行了系统的地质—地貌双重填图和航卫片解译,确立了第四纪地层序列。查明了南北向构造基本格局及主要构造特征。采用a杯氦测量方法,展开了安宁河流域第四系覆盖区隐伏断裂的调查。

(由中国地质调查局西南资料分馆提供)