

文章编号: 1000-2634(2007)02-0082-03

川西丰谷地区须四段钙屑砂岩含气储层预测*

林小兵^{1,2}, 刘莉萍³, 魏力民³

(1. 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 四川 成都 610059; 2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川 成都 610059; 3. 中石化西南分公司勘探开发研究院, 四川 成都 610081)

摘要: 丰谷须四段钙屑砂岩储层具有低伽玛、高电阻、高波阻抗等特点, 储层含气后波阻抗值有所降低, 但仍高于或接近于泥岩。运用波阻抗、GR 联合反演, 可以消除泥岩对识别含气储层的影响, 并预测出钙屑砂岩段含气储层的平面展布特征。研究认为: 联合反演能够识别出 8~10 m 厚的有效储层, 具有较高的纵向分辨率, 该方法预测结果的可靠性, 取决于参与反演的钻井数量多少及其分布状态, 钻井多且分布均匀的地区, 运用多井约束反演技术提高预测储层及其含气性的纵、横向分辨率是行之有效的。

关键词: 钙屑砂岩; 反演; 波阻抗; GR; 含气储层预测

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

引言

油气勘探程度的不断提高给勘探工作提出了更高的要求: 预测结果应直接针对勘探的最终目标——油气。近年来, 科技发展日新月异, 各种预测储层及其含油气性的技术方法不断涌现^[1,2], 也使得上述要求变为可能。目前, 储层预测采用最普遍的是地震反演技术^[3], 包括纵波阻抗反演、叠前反演以及地震属性反演, 在反演成果的基础上进行综合分析, 能达到储层含气性预测的目的; 另外的诸如吸收衰减、AVO/AVA 等技术, 可以直接检测油气^[4]。

丰谷地区须四段钙屑砂岩气藏是近来新发现的构造一岩性气藏, 已知工业气层非常薄, 厚 8~12 m。根据钙屑砂岩储层的特征, 运用纵波阻抗(以下简称波阻抗)与 GR 联合反演的方法对含气储层进行预测, 可以为进一步的勘探开发提供可靠的新思路。

1 储层特征

所谓钙屑砂岩即为碎屑中碳酸盐岩屑占 50% 以上的砂岩, 发育于须四段中亚段。绝大部分钙屑砂岩致密, 孔隙不发育, 渗透性极差, 孔隙度为 1%~3%, 渗透率值为 $(0.002 \sim 0.05) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。但也有

溶蚀孔隙发育的优质储层, 这些层段孔隙度为 4%~12%, 渗透率大增, 主要分布在 $(0.1 \sim 2) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

2 测井响应特征

钙屑砂岩伽玛值一般为 30~60 API, 深侧向为 36~600 $\Omega \cdot \text{m}$, 声波时差为 51~64 $\mu\text{s}/\text{ft}$, 与须四段上、下亚段的岩屑砂岩、岩屑石英砂岩比较, 具有低伽玛、高电阻、高波阻抗等特点(图 1)。通过测井多参数交会分析(图 1)可知, 钙屑砂岩含气后波阻抗值有所降低, 但仍比泥岩的阻抗值高或与其重叠。

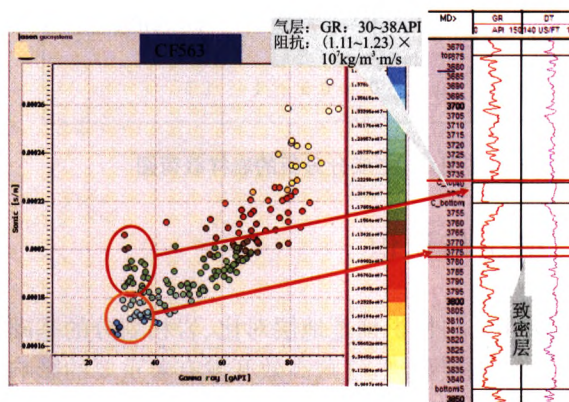


图 1 CF563 井测井多参数交会分析图

* 收稿日期: 2006-08-31

基金项目: 2002 年度中国科学院“西部之光”与 2003 年度甘肃省中青年科技基金资助项目(AC2002-404)。

作者简介: 林小兵(1980-), (汉族), 河南镇平人, 博士研究生, 主要从事储层沉积学方面的研究。

3 波阻抗、GR 联合反演

3.1 方法原理

由于钙屑砂岩含气后波阻抗值有所降低,运用波阻抗、GR 联合反演,消除泥岩对识别含气储层的影响,可以达到预测含气钙屑砂岩储层的目的^[5]。技术路线如图2所示。

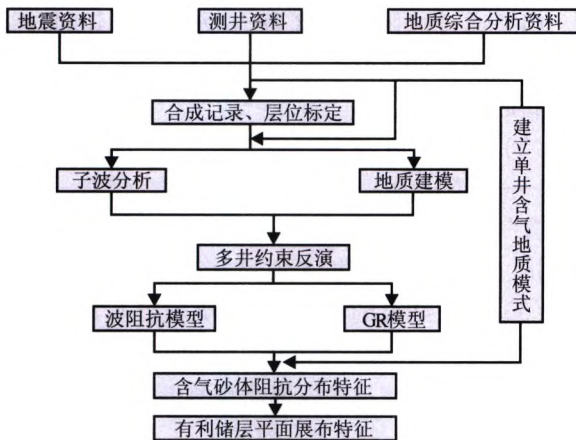


图2 波阻抗、GR 联合反演技术路线图

基本原理是利用测井约束反演即基于模型地震反演技术,以通过精细层位解释建立的初始地质模型为基础,与地震资料结合生成一个精细的储层模型^[6]。该模型充分尊重井的资料并利用地质资料和地震道信息,由井准确外推,最终得到具有横向和纵向非均质性的地质模型,这个模型可以是波阻抗模型、电阻率模型、GR 曲线模型等等。其核心思想是:在对井资料、地震资料进行主组分分析、奇异值分解完成以后,在地质模型基础上对地震道特征和测井曲线进行综合非线性大型方程组求解。由于该技术充分利用地震的横向分布、测井的垂向分辨率、地质的经验认识三方面的优势,进行三位一体的真正联合反演,最终得到高分辨率的多种地质属性体。

再对反演得到属性体结合单井进行分析,针对不同特征的储层选用不同的属性或多种属性联合,达到预测储层及其含气性的目的,如对高阻抗但含气后其值有所降低的砂岩储层,利用 GR 属性体区分砂泥岩再结合波阻抗属性体预测含气砂体;利用电阻率属性体判别气、水等。

3.2 单井含气模式

首先建立单井含气模式。通过对丰谷地区各钻

井测井、录井、测试等信息的综合分析,确定须四段钙屑砂岩储层含气的判别标准为波阻抗值分布于 $(1.1 \sim 1.3) \times 10^7 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{m/s}$ (表1)。

表1 丰谷须四段钙屑砂岩储层与围岩测井响应、波阻抗值对比表

含气性	曲线			
	GR/API	AC/($\mu\text{s}/\text{ft}$)	RT/ Ωm	Imedance/($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{m}/\text{s}$)
储层 含气层	15 ~ 40	55 ~ 64	600 ~ 40	$(1.1 \sim 1.3) \times 10^7$
非致密层	10 ~ 45	50 ~ 62	1500 ~ 200	$(1.3 \sim 1.6) \times 10^7$
储层 泥岩	> 60	> 65	< 250	$(0.8 \sim 1.2) \times 10^7$

3.3 多井约束反演

运用 Jason 描述软件在三维工区内反演出自然伽玛及波阻抗的属性体,此时低波阻抗都是泥岩的反映^[7],还不能有效的区分出含气钙屑砂岩(图3)。

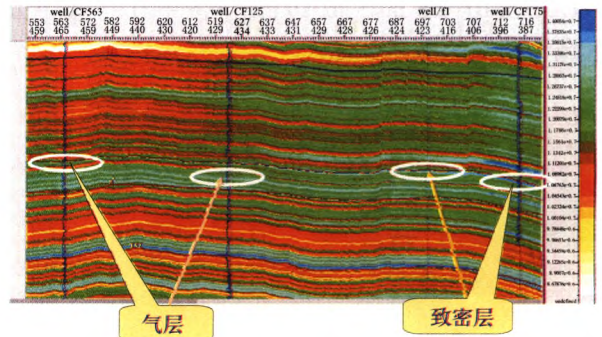


图3 波阻抗反演连井剖面(不能有效区分含气钙屑砂岩层)

为了准确识别出钙屑砂岩,根据测井多参数分析结果,取 GR 值 55 API(屏蔽掉泥岩和泥质含量较高的部分砂岩)为砂岩识别的上限,对反演得到的 GR 属性体进行去泥质运算,重新生成能够准确识别出钙屑砂岩的 GR 属性体。

再将反演得到的波阻抗属性体与重新生成的 GR 属性体相结合,为消除泥页岩及部分含泥砂岩造成的假象,将这部分岩层对应的阻抗值赋予最大值 $1.6 \times 10^7 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{m/s}$,从而得到仅反映钙屑砂岩和质纯砂砾岩中阻抗特征的波阻抗属性体——砂岩绝对波阻抗属性体。

图4为仅反映砂岩绝对波阻抗特征的连井剖面,其中泥岩或泥质含量较高的砂岩都被赋予了一个相同的高值。在泥岩高波阻抗值的背景下,低阻抗则为含气砂岩。可以看出,通过重新处理的反演剖面,纵向分辨率较高,能识别出5套钙屑砂岩储

层,其中已知的8~10 m 钙屑砂岩工业气层对应图4中A层。

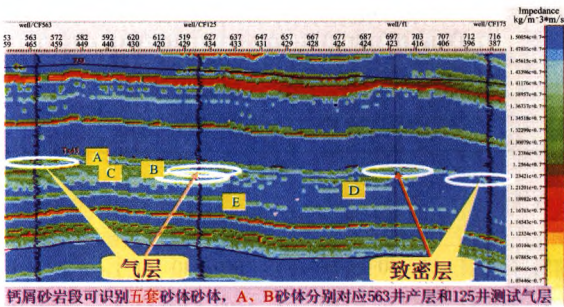


图4 砂岩绝对波阻抗反演连井剖面(屏蔽掉泥岩)

3.4 含气储层预测

对钙屑砂岩绝对波阻抗属性体在钙屑砂岩纵向分布范围中内(图4中A~E)提最小值,得到钙屑砂岩段波阻抗平面展布特征(图5)。根据单井含气模式(表1),认为相对低波阻抗(其值分布于 $(1.1 \sim 1.3) \times 10^7 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{m/s}$),即下图中红色、黄色的区域为预测的有利含气区。

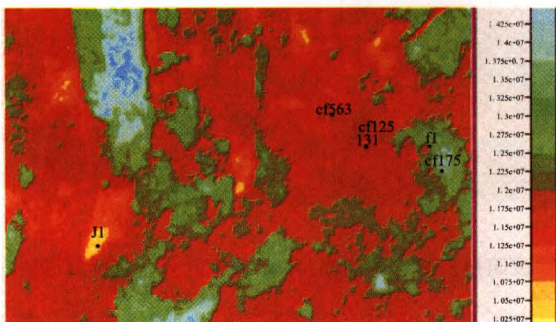


图5 钙屑砂岩段绝对波阻抗平面分布图

4 反演效果分析

用已知钻井的油气测试、显示情况对预测结果进行验证,符合率较高。CF563井在该层获工业产能、CF125井井喷、CF131-1井加深至该层段后钻遇高压气层,三口井钙屑砂岩发育且含气性好,均位于红色有利区;CF175、丰谷1井在该层均没有较好油气显示,该井钙屑砂岩不发育或储层致密、含气性差,位于蓝色、绿色的不利区。

然而,多解是基于模型反演方法的固有特性^[8,9],主要取决于初始模型与实际地质情况的符合程度,在同样的地质条件下,不仅取决于钻井的数量,钻井越多,结果越可靠,反之亦然,而且还要考虑

井位的分布,均匀分布较好,如果钻井分布太集中,对远离钻井处的预测结果多解性较大。丰谷地区钻井分布过于集中,因此在已知钻井附近区域,即丰谷构造主体部位的反演结果可信度较高,可用于指导井位部署,而南西向鼻凸部位缺乏钻井约束,反演结果可靠性差。

5 结论

(1) 通过波阻抗、GR联合反演能够识别丰谷地区须四段8~10 m厚的钙屑砂岩储层,该方法具有较高的纵向分辨率。

(2) 对于特征与丰谷地区须四段钙屑砂岩储层相似——波阻抗值高于或接近于围岩、但含气储层与不含气储层又存在明显波阻抗差异的储层,运用波阻抗、GR联合反演技术预测含气储层是可行的。

(3) 预测结果的可靠性,取决于参与反演的钻井数量及其分布状态。钻井多且分布均匀的地区,运用多井约束反演技术以提高预测储层及其含气性的纵、横向分辨率是行之有效的。

参考文献:

- [1] 刘伟方,于兴河,黄兴文,等. 利用地震属性进行无井条件下的储层及含油气预测[J]. 西南石油学院学报, 2006, 28(4): 22-25.
- [2] 李在光,杨占龙,刘俊田,等. 多属性综合方法预测含油气性及其效果[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 727-730.
- [3] 魏立花,郭精义,杨占龙,等. 测井约束岩性反演关键技术分析[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 731-735.
- [4] 曲寿利,王鑫. 国内外物探技术现状与展望[M]. 北京:石油工业出版社, 2003: 46-51.
- [5] 曾忠,阎世信,魏修成,等. 地震属性解释技术的研究及确定性分析[J]. 天然气工业, 2006, 26(3): 41-43.
- [6] 石磊,王昌景. 常用的几种反演软件比较[J]. 西南石油学院学报, 2004, 26(3): 16-19.
- [7] 廖曦,马波,沈浩,等. 应用Jason软件进行砂体及含气性预测[J]. 天然气勘探与开发, 2002, 25(3): 34-42.
- [8] 姚逢昌,甘利灯. 地震反演的应用与限制[J]. 石油勘探与开发, 2000, 23(2): 53-56.
- [9] 杨诚,耿旗,何鲤,等. 地震描述技术在平落坝气田沙溪庙气藏勘探中的应用[J]. 油气地质与采收率, 2001(4): 32-34.