轮古碳酸盐岩储层测井解释评价技术

祁兴中[1,2]　潘 懋[1]　潘文庆[1]　张承森[2]　韩剑发[2]　李玉兰[2]　付海成[2]
（1.北京大学地球与空间科学学院　2.中国石油塔里木油田分公司）

祁兴中等.轮古碳酸盐岩储层测井解释评价技术.天然气工业,2006,26(1):49-51.

摘　要　轮南潜山是一个古生界残余古隆起,储层以碳酸盐岩次生“孔、洞、缝”及其组合为主要储集空间,极不均匀地分布在几乎不具储、渗的碳酸盐岩基质中。流体既有稠油、正常油、凝析油、湿气,还有矿化度突变的地层水,分布极为复杂。测井技术在轮南潜山的油气评价中受到了严峻的挑战,同时勘探开发迫切要求测井技术在油气藏描述中发挥出高分辨率、高精度的作用。针对上述问题,引入和发展了新的采集技术、解释技术,在消化、吸收、总结前人的经验与教训中,逐步形成基于成像测井为主体的碳酸盐岩储层测井描述技术和储层参数定量计算技术。在碳酸盐岩的测井解释方法、储层参数建模、成像测井处理等方面有所创新,满足了本区生产和储量计算的需要。应用这些技术,测井解释符合率由最初的 65% 提高到 90% 以上,多口老井经重新解释后获得了高产油气流,所计算的储层参数为该区上交亿吨储量做出了重要贡献。

主题词　塔里木盆地　古潜山　碳酸盐岩　裂缝(岩石)　地层评价　测井解释　技术

一、难点、对策与技术路线

1.测井解释评价的难点

以次生孔隙为主的碳酸盐岩储层测井评价被公认为是世界级难题。表现在:①储集空间结构的描述及储集类型的划分;②储层有效性的判别;③储层含流体性质识别和评价;④储层参数的准确计算及其印证。

2.对策

测井技术研究分 3 个步骤:①定性解释阶段,在地质认识的基础上,利用测井资料尤其是成像资料合理划分储层类型、充分描述储集空隙空间结构及其有效性,做好测井定性解释;②定量解释阶段,针对不同的储集空间类型,建立不同储层类型的解释处理模型,准确计算储层参数;③检验评价阶段,根据测试、岩心分析等资料检验与标定测井,建立储层解释分级评价标准,指导测井生产解释。

3.主要技术路线

(1)以认识储层类型及其地质特征作为整个研究的基础。在岩心观察、分析与测井资料对比的基础上,对储集空间进行细致地描述;结合地质研究成果,合理划分储层类型;建立不同储层类型测井解释模版。

(2)遵循严格的岩性分层、岩溶分段、储层分类、按级评价、区别对待的解释步骤。在储层类型划分的基础上,以测井岩石物理模型为理论,以实验分析为依据,建立不同储层类型测井解释处理模型。

(3)以成像测井处理解释为主,以常规资料为辅,充分利用成像测井提取的多信息刻画裂缝、溶洞体系,并计算表征裂缝、溶洞的量化参数。

(4)以岩心分析、测试资料为准,结合测井解释处理参数,应用各种交会图技术,建立储层评价标准。

二、测井解释评价技术

1.碳酸盐岩储层测井描述技术

(1)裂缝性质储层测井描述技术

1)真假裂缝的鉴别。在轮南奥陶系碳酸盐岩剖面主要有泥质条带、灰岩薄层状构造、缝合线等地质事件在常规测井曲线上的响应易与裂缝相混淆,必须依靠成像测井资料方能将它们区分开。

2)裂缝产状与体系划分。从 FMI 图像上可容易地判识其产状及划分裂缝体系,根据裂缝与裂缝之间的接触关系可划分为单组裂缝、共扼裂缝和网状裂缝(图 1)。

3)裂缝的有效性判别。裂缝在成像图像上有高

作者简介:祁兴中,1968 年生,高级工程师,博士研究生;现主要从事测井解释与测井地质学研究。地址:(841000)新疆库尔勒市塔里木油田分公司勘探开发研究院测井公司。电话:(0996)2171429。E-mail:qxzwcr@163.com

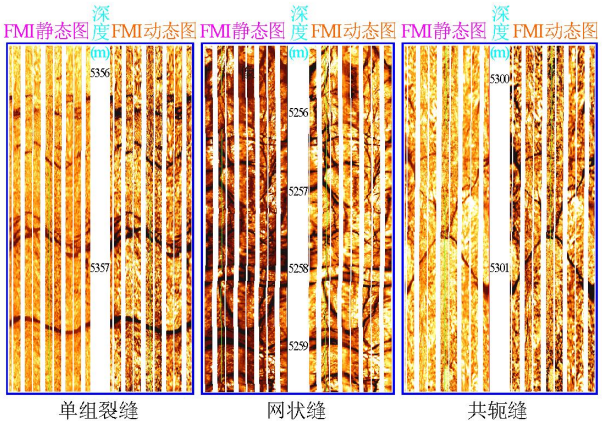

图 1　裂缝形态成像解释图

阻缝与低阻缝。高阻缝被方解石等高电阻物质充填,是无效缝;低阻缝一般为有效缝,但被泥质充填则为无效缝,利用声波成像可研究低阻裂缝有效性。

(2)孔洞储层测井描述技术

1)孔、洞的鉴别。利用各种成像方法组合对溶洞的大小、分布、连通性、与裂缝的关系以及充填物的充填状况进行详细分析,井壁面的凹凸及其他地质特征也有类似孔洞的成像特征,必须加以区分。

2)孔洞大小的描述。小的溶孔、溶洞在成像上表现为针孔状;中型孔洞在图像上表现为豹斑状;大型溶洞在图像上表现为所有极板全是黑色。

3)孔洞的有效性判别。利用成像测井容易判断孔洞的有效性,偶极子声波成像测井图像上波形越杂乱,亮点越明,斯通利波能量衰减越严重,反射系数越增大,表征地层渗透性也越好。

(3)裂缝—孔洞储层测井描述技术

这类储层综合裂缝与孔洞储层的特征,在测井成了两者的响应特征。所以,在常规和成像测井资料上更容易识别和描述(图 2)。

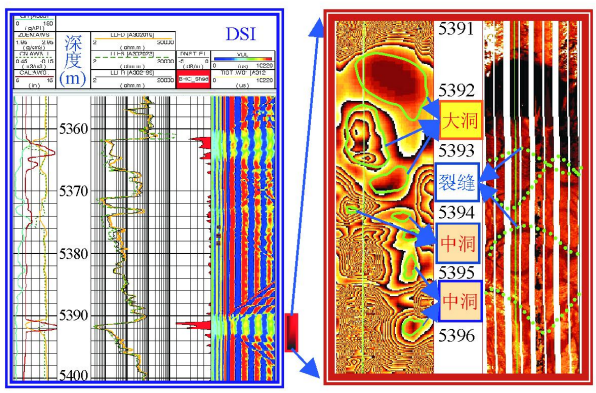

图 2　裂缝—孔洞型储层测井响应特征图

(4)储层有效性分级评价技术

1)储层级别划分。根据已获得的试油资料和部颁标准,结合塔里木实际情况,对本区碳酸盐岩储层有效性分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三级储层。Ⅰ级储层为不用酸化压裂,就可获得工业产能的储层;Ⅱ级储层为酸化、压裂改造后(合理措施)能获得工业产能的储层;Ⅲ级储层为酸化、压裂后,能产出一定流体,但达不到工业产能的储层,或为干层,不须做改造的层段。

2)测试成果标定测井。根据本区测试资料,应用各种交绘图技术对测井原始曲线和处理参数进行标定研究,得出储层级别测井解释物性标准和电性标准。

3)储层类型划分标准。按储层类型定义,结合储层级别评价标准,得出该区储层类型划分标准。

(5)储层含流体性质判别技术

轮南碳酸盐岩储层流体性质的判别因受到两个重要因素的影响而变得非常复杂。一是储层空隙空间种类多、变化大;二是地层流体相态多、变化大,且彼此混合。研究采用多种方法综合判断流体性质,主要有:①P1/2 法;②v_p/v_s 法;③流体体积模量法;④杨氏模量法;⑤R_t—R_t/R_{xo} 交会法;⑥孔隙度与电阻率交会法;⑦模糊聚类法;⑧含泥质储层流体性质判别法;⑨逻辑判别法。

2.碳酸盐岩储层测井参数计算及其印证技术

(1)最优化处理技术

最优化测井处理技术是将所有测井信息、误差及地区地质经验综合成一个多维信息复合体,运用数学上的最优化方法,综合地进行多维寻优处理,寻求复合体的最优解,从所有可能的解释结果中得到最佳、最合理的解释结果。

(2)电成像测井定量处理技术

从电成像测井资料中分离出反映孔洞、裂缝的子图像,然后用相应的方法对分割后的子图像进行分析处理,提取相应参数。通过目标边缘坐标计算,得到目标的长度、宽度、圆度、裂缝密度、孔洞密度,进而得到孔、洞的面孔率,裂缝的张开度、裂隙率等储层参数。

(3)以储层分类为基础的测井建模技术

在合理划分碳酸盐岩储层类型的基础上,针对不同的储层类型分别建立测井处理模型模,提高资料的处理精度。

(4)酸盐岩测井储层参数地质印证技术

包括岩性剖面的检验与误差分析技术、测井孔隙度的地质印证技术、饱和度的地质印证技术等。

(5)碳酸盐岩储层有效厚度确定技术

包括试油与储层级别界限法、岩心核磁共振法、采油指数法、产液剖面法和类比法。

三、应用效果

1.在生产井解释中的应用

该区碳酸盐岩测井解释严格按照在划分裂缝—溶洞体系的基础上,进行储层类型划分、储层等级评价和流体性质判别的解释步骤。根据测井解释级别制定测试方案,提高了试油的获得率,测井解释符合率稳步提高,保持在 90% 以上。准确的测井解释节约了大量的试油费用,避免了油气层的漏失。

LG102 井在 5499～5580 m 测井解释为油气层,但在 5500～5550 m 井段酸化压裂日产水 178 m^3、气仅 4564 m^3。解释仍然认为这是油气层,水是底部水洞所窜,理由有两点:①在 5613 m 以下钻井放空 18 m,测井解释为活跃的水层;②5613 m 以上没有超过 5 m 厚的致密层,且裂缝较发育。酸化压裂压开下部水层,水由下部而来,故提出侧钻搞活本井、储量计算面积应包含该井的建议。该井侧钻后,测试获得日产油 380 m^3、天然气 38×10^4 m^3 的高产油气流。

2.在老井复查中的应用

老井复查是一项具有综合性质、多学科的联合工作,它以测井为主,联合地质、地震、试油、工程等人员展开工作。内容包括地质复查、试油复查、测井复查、地震复查、工程复查、生产试采复查等。

应用上述技术对该区 20 余口老井进行重新处理解释。优选出 LN44、JF123、LG4、LN18 等井为重新作业井。其中,LN44 井重新测试后获得日产油 182 m^3、天然气 38×10^4 m^3 的高产油气流。随后,在 JF123、LG4 井重新测试均获得了高产油气流。

3.在储量计算中的应用

碳酸盐岩储量的准确计算难度大,很多储量参数不能够由岩心直接测量获得,储层的分布也难以预测。尽管该区经过十几年的勘探,出油、气的井不少,但也没有大规模上交地质储量。近 3 年来,随着地震、测井、测试等各项技术的日益成熟,本区已上交地质储量超过 1×10^8 t。测井技术为该区储量的上交与增长提供了坚实的技术保障。

(1)合理的储层类型划分与高精度的储层分类建模技术提供了储量计算所需要的储层参数。

(2)多种方法界定的有效厚度下限及流体评价方法,准确地给出了油气藏的有效厚度,阐明了油水关系以及油气藏模式。

(3)多井测井储层参数约束地震反演,勾画出潜山储集体的几何形态、物性参数变化和分布规律,为储量的连片计算提供依据,圈定合理的含油气面积。

四、结论与认识

(1)碳酸岩盐测井处理与解释尽管是世界极的难题,但只要弄清储层空隙空间的结构与组合,合理地划分储层类型,就可以在储层分类的基础上研究储层的有效性,建立不同储层类型解释模型,得到精度较高的测井储层参数。

(2)地质研究是测井建模的根本,测井研究人员只有在充分消化吸收地质研究成果的基础上,从本区实际情况出发,合理地简化地质模型,才可以建立适合本区的测井解释模型。

(3)成像测井不但可以提供大量的定性信息,也可以提取量化参数评价储层,采用基于图像分割的成像定量处理方法具有创新性。

参 考 文 献

[1]杨通佑,范尚炯,等.石油及天然气储量计算方法[M].北京:石油工业出版社,1998.

[2]赵树东,等.任丘碳酸盐岩油藏[M].北京:石油工业出版社,1997.

[3]顾家裕,周兴熙,等.塔里木盆地轮南潜山岩溶及油气分布规律[M],北京:石油工业出版社,1997.

[4]肖立志.核磁共振成像测井与岩石核磁共振及其应用[M].北京:科学出版社,1998.

[5]宋惠珍,等.裂缝性储集层研究理论与方法[M].北京:石油工业出版社,2001.

[6]欧阳健,等.石油测井解释与储层描述[M].北京:石油工业出版社,1994.

[7]强子同,等.碳酸盐岩储层地质学[M].山东东营:石油大学出版社,1998.

(收稿日期　2005-09-12　编辑　**韩晓渝**)