文章编号:1673-064X(2010)02-0018-04

相对高放射性砂岩成因及储集性能定性评价

——以鄂尔多斯盆地志丹油田长6油层组为例

狗佩^{1,2}, 张小莉^{1,2}, 郭兰^{1,2}, 申怡博^{1,2}

(1. 西北大学 大陆动力学国家重点实验室,陕西 西安 710069; 2. 西北大学 地质学系,陕西 西安 710069)

摘要:鄂尔多斯盆地志丹油田长6部分砂岩放射性较高,且整体具有低阻特点.相对高放射性和低 阻特征给测井识别砂泥岩带来一定的困难,易把相对高放射性砂岩当成泥岩处理,从而造成有效储 层的漏失.以生产动态资料为根据,利用测井和岩心资料,结合岩石物理分析,对相对高放射性砂岩 的成因及其储集性能进行了综合分析.研究认为,研究区长6储层砂岩的相对高放射性是钙碱性火 山物质溶解、蚀变造成 Th、U 的富集而形成的;火山物质沉积方式不同,相对高放射性砂岩储层自 然伽马曲线形态特征不同,储集性能也有差别;水携式含凝灰质砂岩自然伽马曲线呈箱状、中--高 值放射性,储集性能较好,空降型凝灰岩自然伽马曲线呈尖刀状、高放射性,储集性能较差. 关键词:相对高放射性砂岩;测井响应特征;成因;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE121.3;TE122.3 文献标识码:A

鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组、白豹地区延长 组、榆林地区山西组的砂岩储层中相继发现具有高 放射性异常的特征^[1],延长油区志丹油田延长组长 6储层中也发现了类似的砂岩放射性异常.由于这 类砂岩具有相对高自然伽马的特征,同时还具备低 电阻率特征,测井解释中容易误解释为泥岩或泥质 岩石.志丹地区一些井的岩屑录井资料及岩心证实 为砂岩井段,有些甚至含油级别较高,经测试具有一 定的产能,测井曲线具有相对高自然伽马特征,与泥 质岩石甚至泥岩特征相似.因此,深入探讨放射性砂 岩成因及其储集性能特点,对勘探和开发具有重要 意义.

1 相对高放射性砂岩测井响应特征

1.1 高放射性砂岩测井响应特征

相对高放射性砂岩的测井曲线特征表现为自然 电位与自然伽马曲线特征不匹配,即在自然电位明 显负异常的部位其自然伽马曲线特征表现为偏高或 明显高值;同时,电阻率曲线为低值.其他常规组合 测井曲线特征与常规砂岩储层一致(图1).

1.2 相对高放射性砂岩分类

根据放射性砂岩的自然伽马曲线形态可将放射 性砂岩分为2类:第一类为自然伽马曲线特征表现 为低值背景上的箱状中高值,如图1中的1720.7~ 1725.2 m 井段,自然伽马值一般为75~110 API;第 二类为自然伽马曲线呈尖刀状异常高值,如图1中 1716.2~1717 m 井段,自然伽马值一般大于110 API,甚至高达160 API. 具备第一类曲线特征的砂 岩一般物性较好,孔隙度在8%~16%之间,平均 13.6%,渗透率一般(0.1~5.0)×10⁻³ μ m²,平均 0.72×10⁻³ μ m²,为有效储层;而具备第二类曲线特 征的砂岩物性较差,孔隙度一般1%~7%,平均 3.2%,渗透率一般小于0.1×10⁻³ μ m²,为无效 储层.

收稿日期: 2009-11-02

基金项目: 西北大学研究生创新基金项目(编号:2009YZZ42)

作者简介: 孙佩(1984-),女,硕士研究生,主要从事测井资料解释预处理方面的研究. E-mail:sunpei0902@163.com



图 1 zh310 井长 6¹ 相对高放射性砂岩测井响应特征及储集性能

2 相对高放射性砂岩的铀、钍、钾含量 及岩石学特征

2.1 相对高放射性砂岩 U、Th、K 含量特征

将志丹油田长6的相对高放射性砂岩、常规砂 岩的 U、Th、K 含量测试结果与自然伽马测井值进行 相关性分析(图2、图3中用圈标识的为相对高放射



图 2 砂岩中铀、钍含量与自然伽马测井值的关系



图 3 砂岩中钾含量与自然伽马测井值的关系

性砂岩,其余为常规砂岩)可知,相对高放射性砂岩 具有高 Th 相对富 U 的特征,砂岩中 Th 含量与自然 伽马测井值相关性最高,相关系数可达0.949,其次 是 U 含量,相关系数为0.822, K 与自然伽马测井数 值相关性最差,放射性砂岩与正常储层的钾含量基 本相当,甚至部分常规砂岩的 K 含量高于相对高放 射性砂岩.由此推测,志丹油田长 6 砂岩放射性异常 的贡献主要来自 Th,其次为 U.

2.2 相对高放射性砂岩矿物成分特征

志丹油田长 6 相对高放射性砂岩和正常砂岩的 薄片分析结果表明,常规砂岩长石含量一般在36% ~ 52%之间,平均值为 49%,相对高放射性砂岩中的 长石含量一般在 52% ~58%之间,平均值为54.3%; 常规砂岩中黏土矿物的含量一般在 1% ~3%之间, 平均值为 2.3%,相对高放射性砂岩中黏土矿物的 含量一般在 3% ~10%,平均值为的 5.2%.可见,相 对高放射性砂岩中具有高长石和高黏土矿物特征.

3 相对高放射性砂岩的成因

3.1 相对高放射性砂岩的高放射性成因

李高仁(2006)认为鄂尔多斯盆地榆林地区山2 储层放射性砂岩成因与长石、泥质和云母的含量有 关,并指出放射性异常的主要贡献来自于 Th^[1].冯 宝华(2008)则认为放射性的异常与火山作用形成 的凝灰岩有关^[2].

鄂尔多斯盆地长7、长6、长4+5等油层组中发

育凝灰岩,志丹油区中以长6和长7最为发育,长6 油层组中一般发育稳定的凝灰岩3~5套.砂岩储层 和泥岩中的火山物质为中酸性安山岩和英安岩,属 于钙碱系列^[35].而晚三叠世长6期鄂尔多斯湖盆水 体以具有微咸水向半咸水过渡和富钠的性质为重要 特征,沉积环境偏碱性^[6-7],在上述水介质环境中凝 灰岩和砂岩中的凝灰质蚀变为富伊利石和伊-蒙混 层的钾斑脱岩^[8],钾斑脱岩经过多次分解蚀变,可 溶组分几乎全被溶蚀,但Th、U元素富集.由于Th 元素化学性质稳定,更容易被保存,U元素则相对不 稳定,部分以UO₂²⁺被伊利石和蒙脱石吸附而得以 保存^[9].

3.2 相对高放射性砂岩储层矿物成分特征成因

志丹油区钙碱系列火山物质的主要矿物组成为 石英、斜长石,少量黑云母和钾长石,在碱性沉积环 境下,相对不稳定的云母、石英晶屑和玻屑发生蚀 变、溶解甚至完全消失,经扫描电镜观察与能谱分析 发现,凝灰岩或砂岩中的凝灰质蚀变后以卷片状伊 蒙混层(图4、图5)、蜂巢状、层状伊/蒙混层及碎片 状杂乱组合的长石为主.据此可知,火山物质对母岩 风化搬运沉积起着补充沉积的作用,尤其是对长石 和黏土矿物.因此,放射性砂岩多表现为长石和黏土 矿物含量高的特点.



图 4 zh306 井长 6 放射性砂岩中弯片状伊利石



图 5 zh312 井长 6 放射性砂岩中伊利石

3.3 火山物质的沉积方式

火山物质有2种沉积方式,一种是空降式,较集 中呈层状,长6油层组中形成了若干层凝灰岩,一般 较薄,厚度小于1m;另一种为水携式,与正常沉积 的碎屑颗粒混在一起搬运沉积形成含凝灰质砂岩, 相对较厚,可达数米厚.据3.1中分析,火山物质是 造成砂岩中放射性增高的原因,因此凝灰质成分含 量的高低影响着自然伽马测井曲线的形态,在自然 伽马曲线上形成2种放射性异常特征,空降型的沉 积方式一般沉积厚度较小,火山物质含量高对应的 自然伽马测井曲线为尖刀状高伽马异常,水流携带 的沉积方式,由于沉积过程中与正常沉积的颗粒一 起搬运、沉积,火山物质的含量较空降式沉积低,在 自然伽马测井曲线上则表现为箱状中一高放射性增 高或异常.据以上分析,空降型火山物质蚀变后往往 黏土矿物富集而颗粒骨架不发育,因此物性较差;水 携式由于具有一定的正常沉积颗粒作为骨架,原生 孔隙发育,有利于火山物质溶蚀^[10-11],物性较好.

4 相对高放射性砂岩储层的识别与储 集性能定性评价

4.1 相对高放射性砂岩的识别

冯春珍^[12]、李高仁^[1]提出的地层元素俘获谱 (ECS)测井评价、中子 - 密度交会、基于 Geoframe 平台的综合反演等识别方法能有效地识别高放射性 砂岩储层.

相对高放射性砂岩测井识别应结合录井和岩心 资料,根据相对高放射性砂岩的测井响应特征进行 综合分析.由于相对高放射性砂岩用自然伽马测井 值计算泥质含量误差较大,所以对于常规测井系列, 相对高放射性砂岩以自然电位曲线代替自然伽马来 估算地层泥质含量.计算方法如下:

 $V_{sh} = 1 - S_{p}/S_{SP} = (S_{SP} - S_{P})/S_{SP}.$ 式中, V_{sh} 为地层泥质含量,%; S_{P} 为目的层的自然电位幅度,mV; S_{SP} 为目的层的静自然电位,mV.

4.2 相对高放射性砂岩储集性能评价

一般物性较好的砂岩储层自然电位具有明显的 负异常,声波时差值较高,若将两曲线在泥岩部位重 叠,则两曲线间幅度差能够反映储集物性,幅度差越 大物性越好.研究证明,声波时差 - 自然电位曲线重 叠图能够反映相对高放射性砂岩储层物性特征 (图1).

志丹油区长6部分油层电阻率低于水层甚至围 岩电阻率,表现为低电阻率特征,常规径向电阻率重 叠法及饱和度解释方法无法准确地对油层进行定性 和定量识别. 自然电位 – 计算自然电位重叠法^[13]由 于其不受地层水电阻率、孔隙度及地层孔隙结构参 数的影响,适用范围广,可以有效地对放射性砂岩油 层进行定性识别(图1).

同时,从图1中可以看出,经过试油的验证,箱 状中一高放射性砂岩储集性能及含油性能好.

5 认识与结论

(1)志丹油田长 6 相对高放射性砂岩的高放射 性主要贡献来自 Th,其次是 U;Th 和 U 的富集是钙 碱性火山物质溶解、蚀变的结果.相对高放射性砂岩 的岩石组分具有高长石、高云母 + 泥质含量的特征, 是钙碱系列火山物质对正常沉积补充的结果.火山 物质的 2 种沉积方式即水携式和空降式分别在砂岩 储层中形成自然伽马曲线呈箱状的中一高含凝灰质 砂岩和呈尖刀状的薄层凝灰岩夹层.

(2)应用常规测井系列有效识别相对高放射性 砂岩的途径是在岩心、录井数据标定的基础上,结合 相对高放射性砂岩的测井响应特征进行综合分析. 对于相对高放射性砂岩泥质含量的计算,应当用自 然电位曲线来解释.

(3)志丹油区研究实践表明,声波时差 - 自然 电位重叠图结合自然电位 - 计算自然电位重叠图, 可快速直观显示相对高放射性砂岩的含油性. 结合 试油资料分析可知,其中具有呈箱状中—高放射性 特征的砂岩储集物性较好.

参考文献:

[1] 李高仁,郭青娅,石玉江,等.鄂尔多斯盆地高自然伽

(上接第17页)

- [12] 徐嘉炜,朱光,吕培基,等. 郯庐断裂带平移年代学研究 的进展[J]. 安徽地质,1995,5(4):1-12.
- [13] 徐嘉炜,马国锋. 郑庐断裂带研究的十年回顾[J]. 地质 论评,1992,38(4):316-324.
- [14] 万天丰,朱鸿. 郯庐断裂带的最大走滑断距及其形成时 代[J]. 高校地质学报,1996,2(1):14-27.
- [15] 王小凤,李中坚,陈柏林,等. 郑庐断裂带[M]. 北京:地 质出版社,2000.
- [16] 杨占宝. 郯庐断裂带中新生代演化与含油气盆地形成

马储层识别研究[J]. 测井技术,2006,30(2):511-515.

- [2] 冯宝华.火山沉积岩及其矿床研究中伽马测井曲线解 释的误区[J].物探与化探,2008,32(2):171-173.
- [3] 邱欣卫.鄂尔多斯盆地延长组凝灰岩夹层[D].西安: 西北大学,2008.
- [4] 左智锋, 威颖, 葛小瑞, 等. 鄂尔多斯盆地晚三叠世火山物质对油气成藏条件的影响[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2008,44(3):12-15.
- [5] 李琼. 鄂尔多斯盆地西南地区深部地层放射性异常及 其对烃源岩演化的影响[D]. 西安:西北大学,2007.
- [6] 黄思静,谢连文,张萌,等.中国三叠系陆相砂岩中自 生绿泥石的形成机制及其与储层孔隙保存的关系 [J].成都理工大学学报:自然科学版,2004,31(3): 273-281.
- [7] 郑荣才,柳梅青.鄂尔多斯盆地长6油层组古盐度研究[J].石油与天然气地质,1999,20(1):20-25.
- [8] 周明忠,罗泰义,黄智龙,等. 钾质斑脱岩的研究进展 [J]. 矿物学报,2007,27(3/4):351-359.
- [9] 黄基隆.放射性测井原理[M].北京:石油工业出版 社,1985:36-39.
- [10] 许建红,程林松,鲍朋,等.鄂尔多斯盆地三叠系延长组 油藏地质特征[J].西南石油大学学报,2007,29(5):
 12-16.
- [11] 雷卞军,刘斌,李世临,等. 致密砂岩成岩作用及其对储 层的影响[J]. 西南石油大学学报,2008,30(2):57-61.
- [12] 冯春珍,林伟川,梁重阳,等.低渗透岩性气藏高自然伽 马砂岩识别方法[J].石油天然气学报(江汉石油学院 学报),2005,27(1):201-203.
- [13] 杜奉屏. 油矿地球物理测井[M]. 北京:地质出版社, 1984:180-181.

责任编辑:王 辉

分布综述[J]. 地质力学学报,2006,12(1):43-48.

- [17] 董月霞,周海民,夏文臣.南堡凹陷火山活动与裂陷旋回[J].石油与天然气地质,2000,21(4):304-307.
- [18] 周海民,魏忠文,曹中宏.南堡凹陷的形成演化与油气的关系[J].石油与天然气地质,2000,21(4):345-349.
- [19] 董月霞,汪泽成,郑红菊,等.走滑断层作用对南堡凹陷 油气成藏的控制[J].石油勘探与开发,2008,35(4):
 424-430.

责任编辑:王 辉