

渤海海域黄河口凹陷烃源岩空间分布特征及评价

赵鹏飞^{1, 2)}, 胡海风¹⁾, 叶加仁²⁾, 杨波¹⁾, 王中¹⁾, 王寅¹⁾

1) 安徽省地质调查院, 合肥, 230000; 2) 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉, 430074

渤海海域位于郯庐断裂与沧东断裂之间, 是渤海湾盆地的海域部分, 其中黄河口凹陷是济阳拗陷向海域的延伸部分, 主要发育古近纪和新近纪地层, 构造演化上表现为典型的断-拗叠置特征^[1]。区内主要发育三套烃源岩, 分别为古近系沙三段、沙一~二段和东三段, 三套烃源岩在整个凹陷内分布较广泛, 目前发现的油气田主要沿渤南隆起的南断裂带和贯穿凹陷中央的郯庐断裂带分布。本文拟综合分析现有地质、地震、钻井、测井、分析测试等多种资料, 采用静态描述与动态模拟、钻井-剖面-平面相结合的方法, 以盆地模拟技术、测井及地震等地球物理技术为主要研究手段, 系统分析该典型富烃凹陷优质烃源岩的空间分布特征, 并评价其地化质量特征及作用程度。

1 优质烃源岩空间分布特征

1.1 烃源岩纵向分布特征

分析研究区优质烃源岩的测井响应, 根据自然伽玛和自然电位等测井信息识别出烃源岩层段^[2-3], 综合利用自然伽玛、声波测井与电阻率测井建立其与TOC相关的测井预测模型, 并结合有效烃源岩有机质含量下限标准来确定有效烃源岩有机碳含量及厚度等参数。结果表明, 黄河口凹陷优质烃源岩纵向非均质性明显, 其中优质烃源岩与测井曲线响应良好。综合考虑GR、AC和R测井曲线信息, 利用 $\Delta\log R$ 方法建立了不同构造单元不同烃源岩层系的TOC测井预测模型, 预测值与实际分析值相关性较高。评价结果显示, 研究区古近系烃源岩发育特征受沉积相控制明显, 发育程度及源岩有效性也存在差异: 优质烃源岩主要发育在沙河街组沙一段和沙三中上亚段的半深湖~深湖相泥岩中, 部分井位沙三中段优质烃源岩厚度达百米; 沙二段砂泥岩互层相烃源岩有机质丰度和厚度均较低; 东下段(东

三段+东二下亚段)湖相泥岩有机质丰度总体以中为主, 其中东三段下部一般较上部及东二下亚段好, 但各地差异较大, 且受埋深影响, 有效烃源岩发育位置较局限。

1.2 烃源岩横向展布特征

分析有利于优质烃源岩发育的地层层序特征, 以体系域分布特征以及层序构型特征刻画烃源岩展布特征^[4-5]; 以地震相和沉积相模式为指导, 在分析地震反射特征的基础上, 建立了优质烃源岩的地震相模式, 通过横向追踪刻画烃源岩的分布范围。结果显示, 黄河口凹陷优质烃源岩的空间分布特征受沉积相控制明显, 好~优质烃源岩主要发育在湖侵体系域和高位域早期沉积中的暗色半深湖~深湖相泥岩、灰质泥岩及油页岩中。对应不同的沉积环境, 烃源岩具有三种典型岩性组合: 暗色泥岩与薄层砂岩互层组合、大段暗色泥岩夹薄层砂岩组合和大套厚层泥岩夹油页岩组合, 并表现出不同的地震相特征: 层状高连续-强振幅-低~中频率模式; 席状中~高连续-中~强振幅-低频模式; 席状弱振幅-低频或空白地震相模式(图1)。

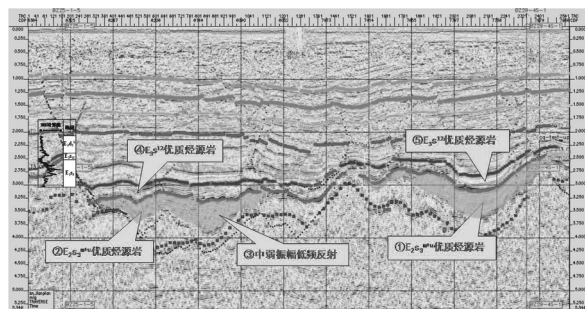


图1 黄河口凹陷典型测线烃源岩分布与地震相关系图

1.3 烃源岩平面展布特征

统计有限钻井的暗泥比(暗色泥岩厚度除以地

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 周健。

作者简介: 赵鹏飞, 男, 1985年生。矿产普查与勘探专业, 硕士研究生。Email: 307890167@qq.com。

层厚度), 建立其与沉积相之间的关系, 利用沉积相图和地层构造顶底面数据可以预测无井区的暗色泥岩厚度分布^[6]。研究区沙三段暗泥比与沉积相的统计关系数据显示暗泥比与沉积相具有一定的相关关系, 对烃源岩发育有利的滨浅湖、半深湖、湖底扇等沉积相其暗泥比较大, 而陆相沉积相及三角洲相等具有较小的暗泥比。利用所统计的暗泥比与沉积相关系将沉积相数字化, 可获得暗泥比平面分布数据, 进而利用地震解释层位厚度计算深凹带暗色泥岩厚度, 便可在平面上预测暗色泥岩的分布特征。同样利用热解数据TOC值, 并统计其与沉积相的关系, 可获得有机质丰度的平面分布。

2 优质烃源岩质量特征及作用程度

基于分析测试、录井和地震资料, 系统统计分析了黄河口凹陷烃源岩的数量和质量特征, 并借助 BasinMod 盆地模拟软件, 恢复了研究区古温史和沉降埋藏史, 在此基础上模拟了主力烃源岩的成熟史以及生排烃史, 并探讨了其与构造演化及成藏匹配性的关系。

黄河口凹陷烃源岩整体为中~好烃源岩, 部分达很好烃源岩级别, 有机质类型 I~II 型 II₁ 型为主, 生烃门限为 2700m, 各层系西洼成熟度普遍高于东洼, 在 12Ma~0Ma 主体处于中~高成熟状态。埋藏沉降史恢复显示, 研究区不同次凹的埋藏沉降过程表现为一定的共性, 但也具有自身的埋藏特点, 烃源岩沉积期的构造特点决定了烃源岩的发育和以后的热演化及其生排烃特征; 受控于古热史和古埋

藏史, 不同烃源岩层系烃源岩的成熟史以及生排烃史在各次凹也具有不同的特征, 总体受烃源岩发育质量以及古构造演化差异控制。

主力烃源岩沙三段生烃高峰期为 (12~0Ma), 对应明化镇组沉积期的构造快速沉降阶段, 受成熟史和生烃史控制, 主要排烃期稍晚于生烃高峰期。而东营组沉积末期强裂陷作用形成了对成藏有利的断层及圈闭以及馆陶组沉积期尤其是新构造运动叠加改造后形成的疏导体系以及圈闭定型, 在此期间, 黄河口凹陷主力烃源岩均在经历一个快速演化、大量生排烃的过程, 属于晚期排烃, 与构造、圈闭匹配较好, 有利于成藏

参 考 文 献 / References

- 朱伟林, 米立君, 龚再升, 等. 渤海海域油气成藏与勘探[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- 刘震, 常迈, 赵阳等. 低勘探程度盆地烃源岩早期预测方法研究[J]. 地学前缘(中国地质大学(北京): 北京大学, 2007, 14(4): 159~167.
- 张寒, 朱光有. 利用地震和测井信息预测和评价烃源岩——以渤海湾盆地富油凹陷为例[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(1): 55~59.
- 刘震, 吴因业. 层序地层框架与油气勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 70~81.
- 杨建业, 任德贻, 邵龙义. 沉积有机相在陆相层序地层格架中的分布特征——以吐哈盆地台北凹陷及准噶尔盆地南缘中侏罗世煤系为例[J]. 沉积学报, 2000, 18 (4): 585~589.
- 姜福杰, 庞雄奇, 姜振学. 渤海海域沙三段烃源岩评价及排烃特征[M]. 石油学报, 2010, 31(6): 906~912.