

# 临兴地区非常规天然气合探共采地质条件分析

郭本广<sup>1</sup>, 许浩<sup>2,3</sup>, 孟尚志<sup>1</sup>, 张文忠<sup>1</sup>,  
刘一楠<sup>1</sup>, 罗皓茵<sup>2,3</sup>, 李勇<sup>2,3</sup>, 申文敏<sup>2,3</sup>

(1. 中联煤层气有限责任公司, 北京 100011; 2. 中国地质大学(北京) 能源学院, 北京 100083;  
3. 国家煤层气开发利用工程研究中心煤储层实验室, 北京 100083)

**摘要:** 临兴地区位于鄂尔多斯盆地东缘河东煤田中部, 前期勘探和试井生产显示该区块具有良好的煤层气、页岩气和致密砂岩气资源前景。通过对 3 种非常规天然气资源勘探和开发地质条件的系统分析, 结果表明, 临兴地区具有煤层气、页岩气和致密砂岩气优越的成藏条件和良好的配置关系, 煤层—页岩—致密砂岩 3 种储层中天然气连续聚集成藏, 受物质基础和保存条件的影响, 不同的层位和构造位置上存在差异。提出了该地区非常规天然气的勘探开发可遵循以下原则: 东部浅层进行太原组煤层气、页岩气以及山西组煤层气的合探共采, 西部深层集中进行山西组页岩气、致密砂岩气以及太原组致密砂岩气的合探共采。从而为该地区非常规天然气的利用提供科学依据。

**关键词:** 临兴地区; 煤层气; 致密砂岩气; 页岩气; 合探共采

中图分类号: TD849; P618.11

文献标识码: B

文章编号: 1006-6772(2012)05-0110-03

## Geology condition analysis for unconventional gas co-exploration and concurrent production in Linxing area

GUO Ben-guang<sup>1</sup>, XU Hao<sup>2,3</sup>, MENG Shang-zhi<sup>1</sup>, ZHANG Wen-zhong<sup>1</sup>,  
LIU Yi-nan<sup>1</sup>, LUO Hao-han<sup>2,3</sup>, LI Yong<sup>2,3</sup>, SHEN Wen-min<sup>2,3</sup>

(1. China United Coalbed Methane Co., Ltd., Beijing 100011, China;

2. School of Energy Resource, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

3. Coal Reservoir Laboratory of National Engineering Research Center of Coalbed Methane Development & Utilization, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Linxing area locates in east margin of Ordos Basin and the middle of Hedong Coal Field, which show a good prospect for coalbed methane, shale gas and tight gas development from the former exploration work and well test. Analyse the gas reservoir exploration and development geology of three kinds of unconventional gases, Linxing area posses advanced reservoir condition and fine reservoir play of coalbed methane, shale gas and tight gas. Coal seam, shale and tight sand, all the three reservoir have continuous accumulation and reservoiring, though with diversity of formation and structural location by the influence of material basis and preserve condition. Propose the principle for unconventional gas exploration and development: East area proceed together exploration and development for coalbed methane and shale gas in Taiyuan formation, and coalbed methane in Shanxi Formation, the west proceed the exploration and development of shale gas and tight gas in Shanxi Formation, and tight gas in Taiyuan Formation. Thus provide a solid scientific foundation for co-exploration and concurrent production of unconventional gas in Linxing area.

**Key words:** Linxing area; coalbed methane; tight sandstone gas; shale gas; co-exploration and concurrent production

收稿日期: 2012-09-01 责任编辑: 孙淑君

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(973)(2009CB219604); 油气沉积地质教育部创新团队(IRT0864)

作者简介: 郭本广(1962—), 男, 河南辉县人, 高级工程师, 主要从事煤层气勘探开发研究与管理工。

引用格式: 郭本广, 许浩, 孟尚志, 等. 临兴地区非常规天然气合探共采地质条件分析[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(5): 110-112, 115.

随着全球经济发展对油气资源需求量的不断增长以及常规油气资源勘探开发难度的不断加大,煤层气、致密砂岩气和页岩气等非常规油气资源在油气供给中的比例将日益增加<sup>[1-6]</sup>。近年来,随着非常规油气资源勘探开发的深入进行,对于沉积盆地内油气资源的成藏机理、赋存条件以及勘探开发利用模式等有了更加深入的认识。“连续型油气藏”概念<sup>[3,7]</sup>的提出将煤层气、致密砂岩气和页岩气3种非常规油气资源从油气形成机理、聚集条件、分布特征及开发技术方法等方面系统地联系起来。临兴地区位于鄂尔多斯盆地东缘河东煤田中部,前期勘探和试井生产显示该区块煤层气、页岩气和致密砂岩气勘探开发具有良好的前景。本文将通过对煤层气、致密砂岩气和页岩气3种资源勘探和开发地质条件的系统分析,探讨研究临兴地区三气合探共采的模式及前景,以期为该地区非常规天然气的利用提供科学依据。

## 1 研究区地质概况

临兴地区位于山西省西部林县和兴县地区,北临河保区块,南接三交北区块,属单斜构造,在区块东侧断层发育,出露上石炭纪和下二叠纪地层,从东向西地层埋深逐渐加大,至区块西南侧埋深大于2000 m,临兴地区太原组9号煤层埋深等值线如图1所示。

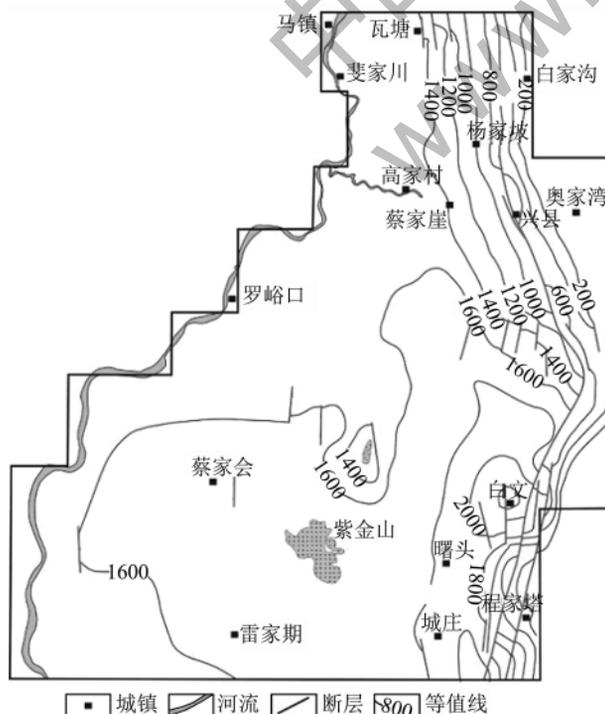


图1 临兴地区太原组9号煤层埋深等值线

研究区内上古生代太原组和山西组2套地层是煤层气、致密砂岩气和页岩气的主力勘探层位。

太原组为一套陆表海沉积,下部为障壁沉积环境,岩性主要由砂、泥岩组成,发育有2套煤层,厚度较大,可作为整个区域上的标志层;中部为潮坪沉积,发育厚层碳酸盐岩,其下发育煤层;上部主要为泻湖相沉积的暗色泥岩和碳质泥岩。山西组为一套三角洲平原沉积,下部主要为沼泽沉积,发育煤层;中部分流河道砂岩发育;上部发育砂泥互层,以泥岩为主。

## 2 煤层气

煤层规模、煤层含气性、保存条件及煤层埋深是煤层气勘探和开发的重要控制因素<sup>[8-10]</sup>。临兴地区太原组含煤4~8层,下部的8、9号煤层为主要可采煤层,10煤层仅零星发育,上部的6、7号煤层仅在个别地区达可采厚度,一般不可采,也不具煤层气开发价值。其中8号煤层厚度在2~18 m,平均厚8.32 m,是本区煤层气勘探开发的主力煤层。山西组自下而上可见5层煤,其中3、4号煤层局部可采,5号煤层大部可采,其余煤层仅在个别地区发育薄煤线。5号煤层厚1.00~7.32 m,平均3.83 m,煤层稳定,全区可采,是山西组的主力煤层。5号煤层在研究区北部普遍3 m以上,在兴县以西厚度最大,在5 m左右;8号煤层厚度明显大于5号煤层,在兴县周边形成10 m左右的厚煤分布区,在西南部煤厚较小,平均在3 m左右。

区内5号煤层含气量5~20 m<sup>3</sup>/t,含气量整体呈带状分布,从东北向西南含气量增大,与煤层厚度关系不大,与埋深呈正相关。8号煤层含气量也在5~20 m<sup>3</sup>/t,但相同地点的含气量高于5号煤层。研究区中北部煤层厚度大,埋深适中,煤层气保存条件较好,有利于煤层气的勘探开发,西南地区含气量较高,但埋深较大,暂不适于煤层气的大规模开发。

## 3 页岩气

临兴区块上古生代发育了太原组和山西组2套泥页岩地层,也是本区页岩气勘探远景的2套主要地层。其中,太原组发育一套海相深色-黑色泥页岩,主要岩性有深色灰质泥岩、硅质泥页岩、钙质泥页岩和黑色炭质泥岩,夹薄层粉砂质及砂质泥岩,部分地区夹薄层油页岩。山西组则发育一套陆相三角洲和湖相深色泥页岩沉积,主要岩性包括深色灰质泥岩、钙质泥岩、硅质泥页岩、粉砂质页岩。

山西组泥页岩总厚度为 55 ~ 130 m, 在区内分布整体呈现东部厚度较薄, 向西南厚度逐渐增大的趋势。山西组和太原组泥页岩总厚度分布如图 2 所示。相比于山西组, 太原组海相地层在区内整体发育厚度较小, 总厚度为 50 ~ 120 m, 呈西部薄东部厚的特点, 在兴县附近厚度达到最大值。

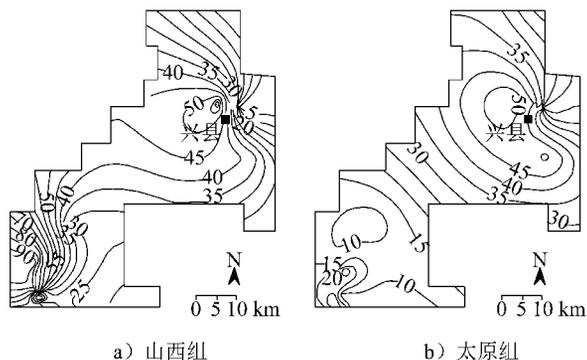


图 2 山西组和太原组泥页岩总厚度分布

泥页岩样品的测试分析结果表明, 研究区山西组泥页岩总有机碳含量为 1.13% ~ 8.62%, 平均值 3.91%, 有机质成熟度 ( $R_o$ ) 1.28 ~ 1.60; 太原组泥页岩总有机碳含量 1.15% ~ 40.81%, 平均值 13.94%, 有机质成熟度 ( $R_o$ ) 0.93 ~ 1.78, 显示出具有较高的页岩气资源潜力<sup>[11-12]</sup>。

#### 4 致密砂岩气

致密砂岩气作为非常规天然气的重要组成部分, 越来越受到广大石油地质工作者的关注, 而正确地认识致密砂岩气是有效开发利用它的前提条件<sup>[12]</sup>。鄂尔多斯盆地致密砂岩气资源十分丰富<sup>[13-14]</sup>, 从储层分布来看, 临兴地区太原组砂体呈现东厚西薄的特点, 砂体厚度范围为 4.00 ~ 41.89 m。山西组砂体厚度较大, 分布规模总体上大于太原组, 显示出较好的成藏条件, 砂体厚度在区域具有相似的变化特点。研究区砂岩物性数据统计分析表明, 储集层的孔隙率和渗透率均较低, 孔隙率为 1.2% ~ 17.5%, 其中分布于 2% ~ 10% 的占到 60%; 渗透率为 0.1 ~ 160 md, 分布在 0 ~ 0.5 md 占到 80%, 属于低孔低渗砂岩。

从成藏角度来看, 研究区山西组致密砂岩储层厚度大, 泥页岩和煤层作为气源岩生气充足, 但保存条件方面临兴地区东部埋深较浅, 构造改造强烈, 断层发育, 不利于致密砂岩气藏的保存, 而西南部地区储层埋深大, 断层不发育, 前期钻井显示出较好的产气能力, 表明研究区山西组致密砂岩气在

西南部地区具有良好的资源勘探开发前景。

#### 5 合探共采方案

临兴地区烃源岩热演化史如图 3 所示。由图 3 可知, 临兴区块在晚古生代煤系地层形成后即开始稳定沉降, 至侏罗纪中期达到最大埋深, 这一时期该套泥页岩进入成熟阶段。此后, 燕山期晚期临兴区块中部的岩浆热活动使得有泥页岩和煤层中的有机质进一步成熟, 进入大量生气阶段, 该阶段气源岩中的大量生成的天然气在满足自身储集的基础上, 向致密砂岩储层中以活塞式运聚, 从而在垂向上形成了煤层—页岩—致密砂岩 3 种储层中气体连续成藏的模式。后期随着地层的抬升, 温度降低, 煤层和泥页岩中饱和富集的天然气发生逸散, 进入上覆的致密砂岩储层中, 在适当的位置聚集并保存下来<sup>[15]</sup>。

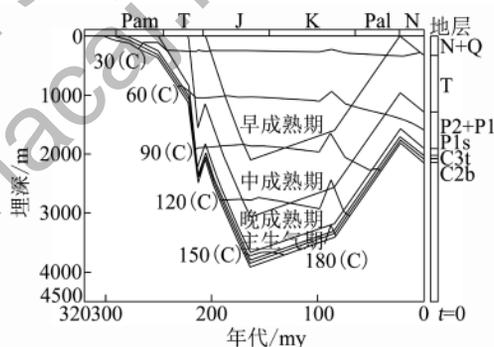


图 3 临兴地区烃源岩热演化史

#### 6 结 论

基于以上分析表明, 临兴地区具有煤层气、页岩气和致密砂岩气优越的成藏条件和良好的配置关系, 但不同的层位和构造位置上存在差异。因此, 依据各自的富集规律, 该地区非常规天然气的合探共采方案可归纳为: 东部浅层进行太原组煤层气、页岩气以及山西组煤层气的合探共采, 西部深层集中进行山西组页岩气、致密砂岩气以及太原组致密砂岩气的合探共采。

参考文献:

- [1] 胡文瑞. 中国非常规天然气资源开发与利用[J]. 大庆石油学院学报 2010 34(5): 9-16.
- [2] 邱中建, 邓松涛. 中国非常规天然气的战略地位[J]. 天然气工业 2012 32(1): 1-5.

(下转第 115 页)

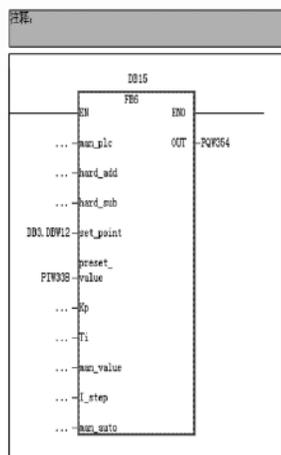


图4 FB6 PID 功能块

本功能块分手动、自动 2 种控制方式。在生产准备阶段,合介桶中的合介液沉积分层,密度很不均匀,合介泵启动后,经过密度计的悬浮液密度值波动范围很大,此时,宜于进行手动控制,根据密度值波动范围,手动控制加水;当和介泵循环一段时间后,合介桶中悬浮液的密度层被打乱,悬浮液得到充分混合,此时通过密度计的悬浮液密度值趋于稳定,准备带料生产,此时转到自动控制方式,由 PLC PID 程序自动控制,当密度测量值大于给定值时,PLC 自动输出控制加大加水执行器开度,增加洗选系统中的补加清水量,使密度值下降到给定密度值。当测量密度值等于给定值时,PLC 控制加水执行器开度不变,补加清水量不做调整,这时整个密度控制系统处于稳定状态。当测量密度值小于给定值

(上接第 112 页)

- [3] 邹才能,朱如凯,吴松涛,等. 常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望—以中国致密油和致密气为例[J]. 石油学报, 2012, 33(2): 173-187.
- [4] 於俊杰,朱玲,周波,等. 中国煤层气开发利用现状及发展建议[J]. 洁净煤技术, 2009, 15(3): 5-8.
- [5] 宁宁,王红岩,雍洪,等. 中国非常规天然气资源基础与开发技术[J]. 天然气工业, 2009, 29(9): 9-12.
- [6] 李向东,冯启言,刘波,等. 中国 CO<sub>2</sub> 地质储存研究现状和应用前景[J]. 洁净煤技术, 2009, 15(1): 9-13.
- [7] 邹才能,陶士振,袁选俊,等. “连续型”油气藏及其在全球的重要性: 成藏、分布与评价[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(6): 669-682.
- [8] 许浩,汤达祯,唐书恒,等. 鄂尔多斯盆地西部侏罗系煤储层特征及有利区预测[J]. 煤田地质与勘探, 2010, 38(217): 26-28.

时,PLC 自动输出控制减小加水执行器开度,减少洗选系统中的补加清水量,使密度下降到给定密度值。

## 4 效果

TD-20 密度控制系统投入生产运行后,控制性能优异,将悬浮液密度控制在  $\pm 0.005 \text{ g/cm}^3$  的范围内,达到了选煤行业先进水平,悬浮液密度曲线如图 5 所示。

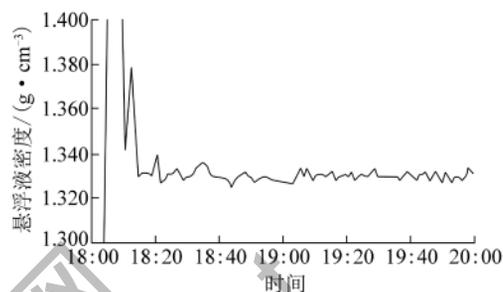


图5 悬浮液密度曲线

由于悬浮液密度的稳定,其他工艺参数如黏度、旋流器压力、液位等都得到了优化,确保了产品灰分及回收率等各指标。同时,该系统先进可靠,故障率低,易于维护和管理,为鸿源选煤厂创造了显著的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 郭学坡. 基于 S7-300 系列 PLC 的集中控制系统在如意核源选煤厂的应用[J]. 选煤技术, 2010(6): 58-61.
- [2] 于岩洲,张颖新,王建业,等. PID 控制系统设计及其选矿应用实践[J]. 有色金属, 2011(S1): 254-257.
- [9] 阎亚明,武戈,邓蜀平,等. 山西省煤层气开发现状及利用方案的探讨[J]. 洁净煤技术, 1998, 4(2): 17-21.
- [10] 付才国,张振红,郝春建. 煤化度对煤层气成藏特性影响规律的研究[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 27-29.
- [11] 杜金虎,杨华,徐春春,等. 关于中国页岩气勘探开发工作的思考[J]. 天然气工业, 2011, 31(5): 6-8.
- [12] 张大伟. 加快中国页岩气勘探开发和利用的主要路径[J]. 天然气工业, 2011, 31(5): 1-5.
- [13] 伏海蛟,汤达祯,许浩,等. 致密砂岩储层特征及气藏成藏过程[J]. 断块油气田, 2012, 19(1): 47-50.
- [14] 王金琪. 中国大型致密砂岩含气区展望[J]. 天然气工业, 2000, 20(1): 10-16.
- [15] 王许涛,刘文斌,张百良. 煤层气开发利用的制约因素及对策[J]. 洁净煤技术, 2006, 12(4): 27-30.