

济阳拗陷上古生界煤系成烃潜力研究*

崔新瑞,朱炎铭,白文连,张志庆,姚海鹏

(中国矿业大学资源学院,江苏 徐州 221008)

摘要:济阳拗陷是我国重要的油气生产基地,目前已在沾化凹陷义 155 井、惠民凹陷曲古 1 井发现煤成气藏,虽未形成工业规模的气田,但展示了煤成气良好的勘探前景。研究表明,济阳地区石炭 - 二叠纪煤层总残厚一般为 10 ~ 30 m,煤层平均厚为 16.75 m,最大残厚为 40.5 m,最小为 4.5 m。结合镜质组反射率研究和 EASY% Ro 法反演,提出济阳拗陷煤系的镜质组反射率值多处于 0.6 ~ 2.0,属成熟 - 高成熟阶段,但各次级凹陷生烃率差距较大。综合研究表明,在沾化凹陷的孤岛 - 孤南地区,东营凹陷临近青城突起地区及惠民凹陷的中 - 南坡地区将是很有利的煤成烃地区。

关键词:济阳拗陷;上古生界;显微组分;煤成烃;山东

中图分类号: P534.4; P618.11 **文献标识码:** A

0 引言

济阳拗陷位于渤海湾盆地东南部,南邻鲁西隆起,东接郯庐断裂带,北部和西部则为埕宁隆起带,总面积 25 510 km²。济阳拗陷是中国东部典型的中、新生代陆相断陷盆地之一,其内可分为 4 个次级凹陷,即惠民凹陷、车镇凹陷、沾化凹陷和东营凹陷。

济阳拗陷是我国目前最重要的产油基地之一,随着持续开发,古近系油气资源日益枯竭,急迫地需要开发新的油气资源。而同属渤海湾盆地的华北苏桥、大港乌马营及中原文留地区均已发现以石炭 - 二叠系煤系为烃源岩的煤成气田,济阳拗陷与这些地区的地质背景相似,也具备了形成煤成气田的基本条件。目前已在沾化凹陷义 155 井、惠民凹陷曲古 1 井发现煤成气藏,展示了该区煤成气良好的勘探前景^[1]。

1 煤系分布

济阳地区的石炭 - 二叠纪煤层没有系统编号,煤层主要集中发育于太原组和山西组,本溪组煤层

不稳定,多为薄煤层或不可采煤层。据统计,太原组煤层最多达 15 层,个别钻井达 20 余层,但厚度均不大。总的说来,济阳地区石炭 - 二叠纪煤层总残厚一般为 10 ~ 30 m,煤层平均厚为 16.75 m,最大残厚总厚 40.5 m,最小 4.5 m;泥岩厚度一般在 20 ~ 60 m,最大残余总厚 555.5 m,最小 3.5 m(表 1)。

表 1 济阳拗陷煤系残留厚度(m)

| 地区 | 岩性 | 最小 | 最大 | 平均 |
|------|----|------|-------|--------|
| 车镇凹陷 | 煤 | 1.0 | 40.5 | 11.9 |
| | 泥岩 | 6 | 215.5 | 105.6 |
| 沾化凹陷 | 煤 | 1.7 | 29 | 14 |
| | 泥岩 | 26.2 | 336.5 | 138.7 |
| 东营凹陷 | 煤 | 1.3 | 40.5 | 15.5 |
| | 泥岩 | 3.5 | 191.5 | 128.0 |
| 惠民凹陷 | 煤 | 4.5 | 28 | 16.75 |
| | 泥岩 | 168 | 555.5 | 255.22 |

由于济阳拗陷晚古生代地层受到多期构造运动叠加影响,导致地层剥蚀严重,石炭 - 二叠纪地层在全区分布不均。煤系地层中煤岩在东营凹陷、沾化凹陷的孤岛和孤南地区及惠民凹陷残留厚度均

* 收稿日期:2007-03-07;修订日期:2007-08-09;编辑:张天祯

作者简介:崔新瑞(1981-),男,山西偏关人,在读研究生,研究方向为油气地质。

国土资源部,前第三系战略选区项目子课题——华北东部石炭 - 二叠系地层与沉积体系研究,国家油气专项(编号 QX2004-03)部分成果。胜利油田地质科学研究所,华北东部石炭 - 二叠系地层与沉积体系研究报告,2006年。

> 30 m, 全区最大残煤厚度出现在东营凹陷, 为 40.5 m, 而泥岩残留厚度高值区分布与残煤厚度高值区分布基本相似, 只有在惠民凹陷泥岩残厚高值区偏南, 泥岩最大残留厚度出现在惠民凹陷, 为 55.5 m。

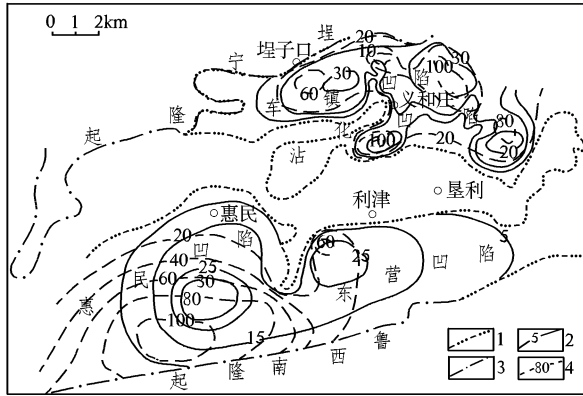


图 1 济阳拗陷石炭 - 二叠系煤系残厚等值线图
1—地层剥蚀边界; 2—煤岩厚度等值线 (m); 3—隆起边界; 4—泥岩厚度等值线 (m)

2 显微煤岩组分

济阳探区石炭 - 二叠纪煤系煤成因不一, 宏观煤岩结构不均一, 煤层主要表现为顶、底部暗淡一半暗型煤, 中部半亮—光亮型煤夹暗淡煤为主。通常单层厚煤层中下部常含 1~3 层泥岩矸石, 煤岩中镜、亮煤条带居多, 但厚度较小, 丝炭层也比较发育, 通常有 1~5 mm 厚, 暗煤层常为块状, 单层厚度大, 约 0.05~1 m。煤层中常可见大量黄铁矿结核, 甚至条带状黄铁矿, 表明泥炭堆积过程中, 海水侵入, 造成沼泽咸化。

从表 2 可以看出, 石炭纪和二叠纪煤系源岩中镜质组的含量相差不大, 表明成煤环境类似, 且壳质组含量普遍较低, 大多为 0~4%, 但二叠系煤岩和泥岩的情质组含量明显增高, 表明当时沉积环境发生变化, 泥炭层暴露程度增加, 遭受氧化破坏程度较石炭系煤系高。

表 2 济阳拗陷石炭 - 二叠系煤系显微组分 (%)

| 地层 | 种类 | 镜质组 | 情质组 | 腐泥组 + 壳质组 |
|-----|----|-------------|-------------|-----------|
| 石炭系 | 煤岩 | 64.50~90.89 | 8.30~31.81 | 0.68~4.06 |
| | 泥岩 | 50~90 | 5.05~64.18 | 0~5.53 |
| 二叠系 | 煤岩 | 69.33~80.79 | 15.40~35.11 | 1.22~3.81 |
| | 泥岩 | 54.00~69.64 | 27.36~42.86 | 0~16.70 |

总的看来, 济阳探区石炭 - 二叠纪煤和泥岩大多以镜质组为主, 情质组次之, 壳质组含量最少, 属于典型的 I 型干酪根。各地区层系样品在显微组成构成上并无质的差别, 表明沉积环境在济阳探区具有相对单一的特征。

3 煤系地化特征

综合分析认为, 济阳拗陷内上古生界煤系烃源岩具有以下特征^[2]。

3.1 煤岩

济阳拗陷石炭纪煤中有机碳含量 (TOC) 主要分布在 60%~80% 之间, 也有部分地区有机碳含量 (TOC) 在 20%~40%。生烃潜力 ($S_1 + S_2$) 也分布于两个区间, 一个区间为 < 80 mg/g 岩石, 另一个区间为 100~200 mg/g 岩石, 占 61%; 氢指数 (HI) 主要分布于 100~200 区间, 有机质类型主要为 I 型干酪根。

二叠纪煤中有机碳含量 (TOC) 主要分布于 55%~75% 区间。生烃潜力 ($S_1 + S_2$) 略小于石炭纪煤, 为两个区间值, 前一个区间值为 < 80 mg/g 岩石, 占 43%, 第二个区间值为 100~200 mg/g 岩石之间, 占 57%; 氢指数 (HI) 也主要分布于 100~200 之间, 有机质类型主要为 I 型干酪根。

3.2 泥岩

济阳拗陷石炭纪泥岩中有机碳含量大多 < 4%, 集中分布区间为 1.0%~3.0% 之间, 为中—差烃源岩。有机碳含量在孤岛地区普遍 > 2.0%, 在惠民凹陷古 2 井地区 > 3.0%。济阳拗陷二叠纪泥岩中有机碳大多 < 4%, 主要分布在 0.5%~3.0% 之间, 为中—差烃源岩。但在孤岛—孤南地区, 有机碳含量达到区域最高, 局部甚至超过了 4.0%, 在惠民凹陷古 2 井以东地区, 有机碳含量超过 3.0% (表 3)。

表 3 济阳拗陷 C - P 泥岩综合评价

| 井号 | TOC (%) | $S_1 + S_2$ (mg/g) | 生烃率 (mg/g) | 评价 |
|------|----------|--------------------|------------|----|
| 车镇凹陷 | 0.6~2.5 | 0.06~15.3 | 10~40 | 中 |
| | 1.37 | 3.64 | | |
| 沾化拗陷 | 0.54~8.6 | 0.4~3.2 | 10~60 | 中上 |
| | 1.85 | 2.56 | | |
| 东营凹陷 | 0.1~4.0 | 0.01~0.2 | 10~50 | 差 |
| | 0.86 | 0.13 | | |
| 惠民凹陷 | 0.4~15.3 | 0.17~6.52 | 10~60 | 中上 |
| | 2.84 | 1.72 | | |

总体来说,沾化凹陷的孤岛—孤南地区,惠民凹陷的中—南部,煤系有机碳含量较高,生烃率较大,为成烃有利区域。

4 煤系成烃潜力评价

在复杂构造演化的控制下,济阳拗陷的石炭—二叠纪地层经历了多次构造—埋藏历史,导致烃源岩成熟度在平面上分布差异,成熟度大部分处于 0.6%~2.0% (图 2),呈现出 3 个高值区域:孤岛—桩西—孤南地区,成熟度普遍较高,一般为 1.3%~1.7%;东营凹陷靠近青城凸起附近为 1.3%~1.7%;惠民南坡地区为 1.4%~1.6%。说明全区石炭—二叠纪地层在地史时期都已生烃,而孤岛—桩西—孤南地区、东营凹陷和惠民南坡地区已进入烃源岩生气和已成油热解成气阶段,如果封盖适合,有可能形成有利油藏。

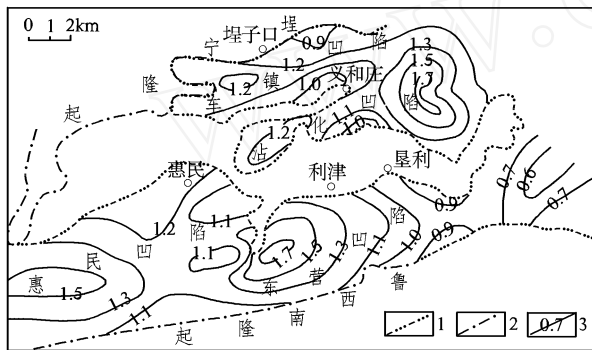


图 2 济阳拗陷现代太原组镜质组反射率 (Ro%) 等值线图
1—地层剥蚀边界; 2—隆起边界; 3—Ro等值线 (%)

结合计算机数值模拟技术,使用 EASY% Ro法反演,可以得到济阳拗陷煤系的生烃率^[3-5]。

石炭纪煤系地层中,煤岩喜马拉雅期生烃率在 10~60 mg/g 之间,大部分地区生烃率大于 30 mg/g,孤岛—孤南地区煤岩生烃率最高,超过 60 mg/g,泥岩喜马拉雅期生烃率与煤岩相差不大,在 20~60 mg/g 之间,但泥岩生烃率普遍高于煤岩生烃率,在车镇凹陷泥岩生烃率表现出比煤岩异常增大,应与沉积中心有关。全区生烃率峰值出现在孤岛—桩西—孤南地区、惠民北坡和青城凸起附近,为 50~60 mg/g (图 3)。

二叠纪煤系地层中,喜马拉雅期泥岩生烃率和煤岩生烃率变化不一,但其等值线均与各自在太原

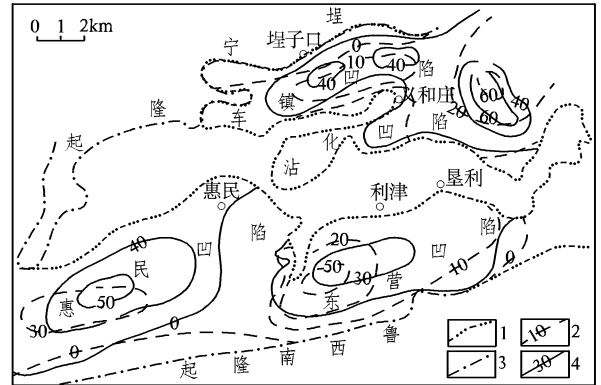


图 3 济阳拗陷太原组喜山期煤岩—泥岩生烃率等值线图

1—地层剥蚀边界; 2—煤岩生烃率等值线及标注; 3—隆起边界; 4—泥岩生烃率等值线及标注

组的形态相类似。大部分地区煤岩生烃率在 10~30 mg/g 之间,但在孤岛—孤南地区及东营凹陷靠近青城突起地区,煤岩生烃率显著增高,可达 40~50 mg/g。泥岩生烃率表现为全区分布均匀,分布在 10~30 mg/g 之间,仅在惠民中部地区生烃率为 40 mg/g。全区的生烃率高峰也出现在孤岛—孤南、惠民中部和青城突起附近,为 40~50 mg/g。

总体而言,全区石炭—二叠纪喜马拉雅期泥岩生烃率均大于煤岩生烃率,这是由于泥岩厚度远大于煤岩厚度,且泥岩中腐泥组+壳质组含量要大于煤岩。分时代而言,石炭纪时该区总体以海进环境为主,沉积环境主要表现为障壁—砂坝、潟湖和广阔的浅陆表海沉积,煤系有机质保存较好;而二叠纪时该区总体以海退为主,沉积环境主要表现为潟湖、河控大型冲击平原河水下扇沉积,环境较为氧化,有机质保存相对不利,造成石炭纪生烃率总体表现为大于二叠纪生烃率。

综合以上分析,沾化凹陷的孤岛—孤南地区,东营凹陷内临近青城突起地区和惠民凹陷的中南地区将是很有利的煤成烃地区。

5 结论

煤系地层发育程度和干酪根的地球化学特征是能否大量生烃的基础条件。

(1) 济阳拗陷煤系发育良好,但残留厚度变化较大。石炭—二叠系煤层残厚一般为 10~30 m,煤层平均厚为 16.75 m;泥岩残厚一般为 20~200 m,

平均厚为 156.88 m。

(2) 济阳拗陷煤系烃源岩主要为煤和暗色泥岩。煤的有机碳含量 (TOC) 多在 50% 以上, 生烃潜力 ($S_1 + S_2$) 主要分布在 100 ~ 200 mg/g 岩石; 氢含量 (HI) 主要分布于 100 ~ 200; 暗色泥岩有机碳含量主要在 1.0% ~ 3.0% 之间, 生烃潜力 ($S_1 + S_2$) 则较低。煤系烃源岩类型主要为 Ⅱ型干酪根。

(3) 整个济阳拗陷的石炭 - 二叠纪地层处于成熟 - 高成熟阶段, 成熟度 ($R_o\%$) 一般在 0.6 ~ 2.0 范围内, 表明地史时期该区石炭 - 二叠纪煤系源岩已经出现过生烃。

(4) 结合计算机数值模拟技术, 使用 EASY% R_o 法反演, 得出数据表明各次级凹陷的生烃率分布不均, 二叠纪煤系中泥岩生烃率较大, 煤岩普遍较小, 石炭纪煤系中煤岩和泥岩生烃率较为均一。泥岩生烃率普遍大于煤岩生烃率。

(5) 综合分析认为, 沾化凹陷的孤岛 - 孤南地区, 东营凹陷内临近青城突起地区, 惠民凹陷的中南坡地区将是济阳拗陷晚古生代地层很有利的煤成烃地区。

参考文献:

- [1] 白群丽. 济阳拗陷石炭 - 二叠系煤成气成藏模式分析 [J]. 油气地质与采收率, 2003, 10 (5): 1 - 3.
- [2] 于林平, 曹忠祥, 李增学. 济阳拗陷石炭二叠系烃源岩有机地球化学特征 [J]. 地质地球化学, 2003, 31 (4): 68 - 70.
- [3] Sweeney J J, Burnham A K. Evaluation of a simple model of vitrinite reflectance based on chemical kinetics [J]. AAPG Bull., 1990, 74: 1559 - 1570.
- [4] 朱炎铭, 秦勇, 范炳恒, 等. 黄骅拗陷歧古 1 井古生界烃源岩的二次生烃演化 [J]. 地质学报, 2001, 75 (3): 426 - 431.
- [5] 苏玉平, 付晓飞, 卢双舫, 等. EASY% R_o 法在滨北地区热演化史中的应用 [J]. 大庆: 大庆石油学院学报, 2006, 30 (2): 5 - 8.

Study on Hydrocarbon - forming Potentiality in Upper Part of Palaeozoic Coal System in Jiyang Depression

CUI X in - rui, ZHU Yan - ming, BAI Wen - lian, ZHANG Zhi - qing, YAO Hai - peng

(Resource College of China Mineralogy University, Jiangsu Xuzhou 221008, China)

Abstract: Jiyang depression is an important base area of producing oil and gas. Now gas pools have been found in Yi - 155 well at Zhanhua depression and No. 1 Qugu well at Humn depression, which show good future in exploring gas resource. As showed by the study, remaining depths of coal in Carbonate and Permian are 10 ~ 30m, average depth is 16.75m, the maximum depth is 40.5m, and the minimum depth is 4.5m. Combining vitrinite reflectance and conversion by EASY% R_o method, it is put forward that vitrinite reflectance value in Jiyang depression is 0.6 ~ 2.0 in general which belongs to mature and overmature stage. But the gap of hydrocarbon - forming ratios in each class secondary depression is great. Through synthetic analysis, it is showed that Gudao - Gunan area at Zhanhua depression, the areas near Qingcheng rais at Dongying depression and the central and southern areas at Hum in depression are good areas for forming gas.

Key words: Jiyang depression, upper part of Palaeoproterozoic, micro - compositions; hydrocarbon formed by coal; Shandong province

淄博市全力做好黑旺铁矿区矿业秩序整顿维护工作

为实现黑旺铁矿区矿业秩序的长治久安, 淄博市国土资源局采取了以下措施: 督导淄川区与青州市加强联系, 在边界处设立界桩 82 个, 解决了行政边界不明确的问题, 同时对塌陷区认真勘测认定, 在塌陷区边界设立混凝土警戒标志 50 余处。

督导淄川区国土资源局分局与黑旺镇政府联合成立了 12 人的矿区综合执法队, 对矿区实行 24 小时不间断的巡查和维护。督导淄川区国土资源局分局与青州市积极开展联合集中行动, 严厉打击私采滥挖行为。指导淄川区国土资源局分局周密部署, 对黑旺铁矿区违法采矿点实施了集中爆破, 彻底断绝违法采矿的后路。(淄博市局 张德平, 刘士春)