

济阳坳陷上古生界煤成气成藏规律认识

周建林

(1. 中国科学院 地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 2. 胜利石油管理局 教育培训处, 山东 东营 257000)

[摘要] 通过对济阳坳陷已知气藏类型分析, 指出了济阳坳陷煤成气藏的主要控制因素是沉积埋藏史, 同时考虑构造变动、储集条件、保存条件及圈闭的完整性等因素, 将济阳坳陷源自上古生界石炭—二叠系的油气藏划分成两大类六类成藏模式。其中济阳坳陷较为重要的成藏模式类型包括中坳新坳间断式成烃成藏模式、中坳新隆间断式成烃成藏模式和中隆新坳间断式成烃成藏模式。各种成烃成藏模式具有不同的特点, 其勘探目的层系和资源潜力也有所不同, 尤以中坳新坳型成藏模式最为有利, 例如惠民凹陷南坡、沾化凹陷孤西断裂带等。

[关键词] 济阳坳陷; 煤成气; 主控因素; 成藏模式; 河南

[中图分类号] P618.13; P593 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)02-0047-04

[作者简介] 周建林(1964—), 男, 河南鹿邑人, 高级工程师, 中国科学院地球化学研究所博士研究生, 现从事地质学研究工作。

济阳坳陷上古生界和中生界煤系地层发育, 尤其是石炭—二叠系煤系地层分布范围广、厚度稳定^[1,2], 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古生界煤系地层为烃源岩的煤成气田^[3~5]。济阳坳陷与这些地区地质背景相似, 亦应具备形成煤成气田(藏)基本条件。目前已在沾化凹陷渤93、义155井区、惠民凹陷南坡曲古1井区发现煤成气藏, 虽未形成工业规模气田, 但展示了济阳坳陷煤成气良好地勘探前景。

胜利石油管理局自“七五”开始, 加强了煤成气的勘探研究工作, 在济阳坳陷煤成气资源评价、成藏条件、勘探目标评价及钻探上都做了大量的工作, 拥有较为丰富地质基础资料和一些水平较高地科研成果, 但同时也存在一些问题有待进一步深入, 例如石炭—二叠系煤成气典型气藏分析、成藏模式的总结以及下一步重点勘探方向等。

1 典型气藏分析

目前在济阳坳陷发现的以石炭—二叠系为源的油气藏主要有两大类, 即古生新(中)储油气藏和

古生古储油气藏。

1.1 古生新储气藏

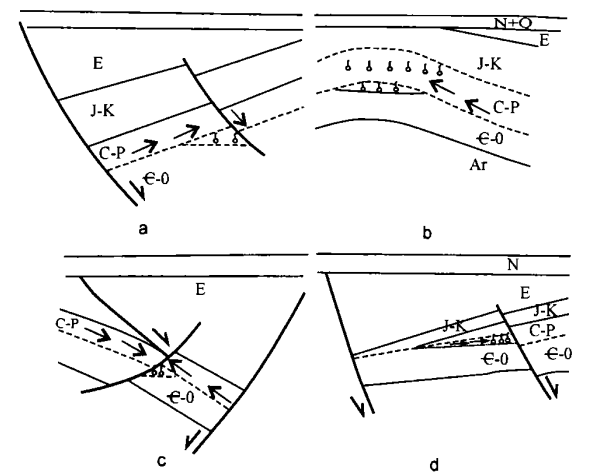
该类气藏以位于惠民凹陷南坡的曲古1井气藏为典型(图1)。曲古1井沙二段气藏气层2层厚8.5 m, 气水同层10.0 m/1层, 获天然气42 502 m³/d。曲古1井气藏主要为煤成气, 甲烷含量为86.95%, 乙烷10.12%, $\delta^3\text{C}_1$ 为 -32.64×10^{-3} 、 $\delta^3\text{C}_2$ 为 -23.89×10^{-3} 、 $\delta^3\text{C}_3$ 为 -20.30×10^{-3} 。根据公式 $\delta^3\text{C}_1 \times 10^{-3} = 14.125 \log V R_o - 34.382$ 计算了曲古1井天然气的成熟度, 其成熟度相当于源岩 $V R_o$ 为1.3%, 而石炭—二叠系煤层和侏罗系煤层的 $V R_o$ 分别为1.35%和0.83%, 说明曲古1井天然气并非是由侏罗系煤系生成的, 而应由更深的石炭—二叠系煤层生成。

根据实测数据和盆地模拟结果, 研究区石炭—二叠系煤层在三叠纪末 $V R_o$ 一般达到0.5%~0.7%, 在白垩纪末达到0.8%~0.9%, 进行了两次生气过程。模拟试验结果表明, 石炭—二叠系煤层二次生气门限现今埋深约4 000 m, 对应的 $V R_o$ 约0.95%。济阳地堑与曲堤地垒东部石炭—二叠系现今埋深达4 000~5 500 m, 盆地模拟计算的 $V R_o$ 值达1.3%~2.2%, 而曲古1井处计算值仅为1.0%, 说明东部生烃中心处的煤成气向西部运移, 形成了曲古1井天然气藏。

于印支运动的强烈抬升, 不属于该类成藏模式, 而西部惠民凹陷可能存在此种类型的成藏模式。

3.2 间断式多期成烃成藏模式

间断式多期成烃成藏模式指一次生烃之后发生了明显的再次生烃。再次生烃包括烃源岩从一次生烃停止之后所有的生烃, 可以发生在侏罗—白垩纪, 也可以发生在第三纪。前一次生烃与后一次生烃的间隔是漫长的, 在这漫长的间隔中, 前一次生烃作用完全终止, 直到烃源岩再次沉降或热异常使得温度达到门限温度, 生烃作用才能重新开始。因此, 这种成烃方式可称为间断式多期成烃, 可以分为 4 种类型(图 2)。



a—中坳新坳间断式多期成烃成藏模式; b—中坳新隆间断式多期成烃成藏模式; c—中隆新坳间断式多期成烃成藏模式; d—后期沉降间式多期成烃成藏模式中坳新坳

图 2 济阳拗陷 C—P 多期成烃成藏模式
Fig. 2 Models of pool formation of Permian-Carboniferous system in Jiyang depression

3.2.1 中坳新坳间断式多期成烃成藏模式

在这类模式中, 石炭—二叠系地层的主要沉降期有 3 期(图 2a), 分别是早中三叠世、晚侏罗世至早白垩世和早第三纪, 但晚三叠世抬升造成三叠系地层大量剥蚀, 使三叠系地层缺失, 而侏罗—白垩系、下第三系相对发育。据实测结果, 石炭—二叠系烃源岩在白垩纪末期的 VR 达 1.05% ~ 1.32%, 已经达到成熟阶段^[6~9]。早第三纪其演化程度进一步升高, 再次生烃。因此该类模式中, 石炭—二叠系烃源岩的主要生烃期在白垩纪和早第三纪^[10]。

这类气藏形成的关键因素是:

(1)三叠纪末及抬升前的演化程度不高, 生气

强度小, 为后两期生气奠定物质基础。

(2)构造形成始于早白垩世晚期, 经过晚白垩世至古新世早期的区域抬升, 到古新世晚期至渐新世早中期, 各类圈闭逐渐形成, 因此构造形成与煤成气生成是匹配的^[11, 12]。济阳拗陷的东营凹陷、惠民凹陷均有此类成藏模式, 例如曲古 1 井(图 3)、牛 38 井、王 41 井、渤 701 井等^[13]。

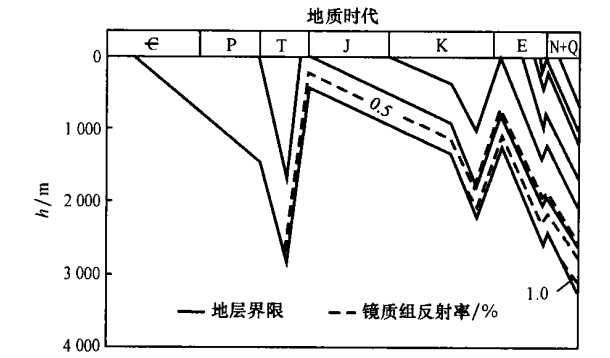


图 3 济阳拗陷曲古 1 井沉降生烃阶段
Fig. 3 Diagram of burial history of well QG1 in Jiyang depression

3.2.2 中坳新隆多期成烃成藏模式

这种模式分布范围不大, 较典型地区为济阳拗陷的青城凸起、滨县凸起等, 例如高 14 井。石炭—二叠系地层在三叠系地层被剥蚀前开始一次生气, 三叠纪以后, 地壳沉降幅度加大, 沉积了巨厚的中生界, 使石炭—二叠系再次生气, 直到喜山运动, 地壳又一次返回升, 沉积较薄的新生界地层, 因此主要生气期为燕山期(图 2b)。

目前这种成藏模式中还未发现有工业价值的气藏。喜山期气藏保存条件至关重要, 如果喜山期断裂作用弱, 对燕山期形成的气藏不起破坏作用, 且印支期末的回返隆升使古生界地层遭受溶蚀淋滤, 储集条件得以改善, 则发现有价值的气藏还是有可能的, 例如济阳拗陷沾化凹陷的邵家地区。

3.2.3 中隆新坳间断式成烃成藏模式

这类成藏模式的特点为:

(1)缺失侏罗—白垩系沉积, 第三系尤其是下第三系沉积巨厚(图 2c)。

(2)石炭—二叠系烃源岩在印支期有一期成烃过程, 但由于燕山运动的抬升, 早期生成的油气散失, 喜山期早第三纪再次沉降, 使石炭—二叠系烃源岩达到再次成烃门限, 其主要成气期为早第三纪。

(3)由于主要成气期晚, 印支期以来的构造运动形成各种背斜、断块等构造圈闭, 为油气聚集提

供了场所,尤其是第三纪以来继承发展的中央隆起带是油气运移的主要指向,具有储集层位多、下第三系盖层直接封堵条件好等优点,例如济阳坳陷滨 78 井即属此类。

3.2.4 后期沉降间断式多期成烃成藏模式

后期沉降模式也是由于三叠纪末的抬升,造成三叠系地层的缺失,不同的是燕山期继续隆升,缺失或残存厚度不大的侏罗—白垩系地层,喜山期为断陷期,发育巨厚的下第三系地层,主要成气藏在喜山期(图 2d)。这类气藏成藏的关键因素在于:

(1)早期第一次成气时演化程度不易过高,即三叠纪末期埋深不是很大。

(2)由于成藏期晚,古生界储层因为压实胶结、充填等因素影响,储集条件变差,应寻找早期隆升或斜坡部位储层经后期改造的岩性气藏或构造气藏。

4 结论

济阳坳陷存在多种类型的气藏,具有多种成藏模式。通过分析认为,影响济阳坳陷石炭—二叠系煤成气成藏模式的主要因素是中生界和新生界地层的沉降埋藏史,据此提出了成藏模式划分原则,划分了两大类六类成藏模式,其中对济阳坳陷较为重要的成藏模式类型包括中坳新坳间断式成烃成藏模式、中坳新隆间断式成烃成藏模式和中隆新坳间断式成烃成藏模式。各种成烃成藏模式具有不同特点,其勘探目的层系和资源潜力也有所不同,尤以中坳新坳型成藏模式最为有利,例如惠民凹陷

南坡、沾化凹陷孤西断裂带等。

[参 考 文 献]

- [1] 桑树勋,陈世悦,刘焕杰. 华北晚古生代成煤环境与成煤样式多样性研究[J]. 地质科学, 2001, 36(2): 212~220.
- [2] 陈世悦,徐风银,刘焕杰. 华北晚古生代层序地层与聚煤规律[M]. 山东东营:石油大学出版社, 2000. 132~136.
- [3] 戴金星,王庭斌,宋岩,等. 中国大中型气田形成条件与分布规律[M]. 北京:地质出版社, 1997. 184~189.
- [4] 戴金星,夏新宇,洪峰,等. 中国煤成大中型气田形成的主要控制因素[J]. 科学通报, 1999, 44(22): 2455~2464.
- [5] 钱凯,吴世祥,姜正龙,等. 华北煤成气成藏条件与勘探目标预测[J]. 天然气地球科学, 1999, 10(3): 35~42.
- [6] 陈墨香,汪集瀛,汪维安,等. 华北断陷盆地热场特征及其形成机制[J]. 地质学报, 1990, 64(1): 80~90.
- [7] 唐军. 华北地区古地温梯度研究与古生界油气生成[J]. 河南石油, 1998, 12(6): 1~3.
- [8] George S C, Krieger F W, Eadington P J, et al. Comparison of oil-bearing fluid inclusions and produced oil from Toru sandstone, Papua New Guinea[J]. Org. Geochem., 1997, 26(5): 155~173.
- [9] 王一刚,余小锋,杨雨,等. 流体包裹体在建立四川盆地古地温剖面研究中的应用[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(3): 285~288.
- [10] 李良,袁志祥,惠宽洋,等. 鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气聚集规律[J]. 石油天然气地质, 2000, 21(3): 268~271.
- [11] 陆友明,牛瑞卿. 断层封闭性形成机理及研究方法[J]. 天然气地球科学, 1999, 10(5): 12~16.
- [12] 程军林. 断层封堵类型及并置封堵模式概述[J]. 海相油气地质, 1999, 4(1): 52~56.
- [13] 吴智平,李伟,任拥军,等. 济阳坳陷中生代盆地演化及其与中生代盆地叠合关系[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 280~286.

Gas accumulation analysis of upper Paleozoic coal in Jiyang depression

ZHOU Jian-lin

(1. Geochemistry Institute of China Academy of Science, Guiyang 550002, China; 2. Education and Training Department of Shengli Petroleum Administrative Bureau, Dongying Shandong 257000, China)

Abstract Based on the analysis of known gas pools in Jiyang depression, it is pointed out that the sediment-burial history is the critical factor for the formation of coal-formed gas pool. The pool formation types can be divided into two categories and six sub-categories according to sediment-burial history and other factors such as tectonic movement, reservoir conditions, reservation conditions and integrity of trap. Among these gas pool formation types there are three types which are very important in Jiyang depression, i.e., Mesozoic era subsidence-Cenozoic era subsidence model; Mesozoic era subsidence-Cenozoic era swell model and Mesozoic era swell-Cenozoic era subsidence model. Every model has different character and its exploration goal and resource potential are variable. The most favorable model is Mesozoic era subsidence-Cenozoic era subsidence, such as south slope of Huimin sag and Guxi fault belt of Zhanhua sag.

Key words: Jiyang depression; coal-formed gas; main controlling factor; model of pool formation; Henan

[英文审定: 苏生瑞]