

冀南地区巨 1 井石炭—二叠系生烃评价<sup>\*</sup>

朱炎铭 崔新瑞 王猛 赵洪 唐兴文

(中国矿业大学资源与地球科学学院)

朱炎铭等. 冀南地区巨 1 井石炭—二叠系生烃评价. 天然气工业, 2006, 26(11): 21-23.

**摘 要** 以冀南地区石炭—二叠系烃源岩的生烃评价为目标, 基于详细的构造—埋藏史研究, 并结合磷灰石裂变径迹测试、有机包裹体分析, 深入研究了巨 1 井的石炭—二叠系烃源岩的生烃演化历史, 揭示了巨 1 井的石炭—二叠系烃源岩自形成以来经历了复杂的构造—埋藏史, 并发生多次生烃演化。分析认为: 巨 1 井处石炭—二叠系烃源岩曾发生过二次重要的生烃作用过程, 初次生烃作用发生在印支期, 太原组有机质生烃量为 6 mg/g; 而第二次生烃作用发生在喜山早期, 太原组有机质生烃量为 10 mg/g。最后指出在今后的勘探中, 要特别重视东营运动的研究, 寻找东营运动相对影响小的地区, 有望在巨鹿低凸起实现石炭—二叠系油气勘探的突破。

**主题词** 冀南地区 石炭纪 二叠纪 烃源岩 构造—埋藏史 生烃作用 评价

冀南地区自 1955 年开始勘探以来, 投入了大量的工程量, 油气勘探经历了多次反复, 华北油田及相关单位对其进行了大量的研究, 对该区的石油地质条件有了一定的了解, 但由于该区勘探程度低, 地质条件复杂, 致使该区勘探近五十年仍无大的突破。

冀南地区位于渤海湾盆地的南西端, 是隶属临清拗陷的西半部, 西为太行山隆起, 东以馆陶低凸起与临清拗陷东部相隔, 南起内黄隆起, 北抵衡水断裂。由于受多次构造作用, 造成了冀南地区地质结构异常复杂, 形成了多凹多凸、凸凹相间、强烈分异的特点, 其总体上呈现了“东西分带、南北分块”的构造格局。受一系列次级 NE、NNE 向断裂控制, 大致可将拗陷分割为一系列大小不等凸起与凹陷<sup>[1]</sup>。

巨 1 井位于临清拗陷西部的巨鹿凹陷内, 钻探结果显示, 巨 1 井区石炭—二叠系保存较完整, 达 655 m, 其中煤岩厚度约 20 m; 暗色泥岩厚度大于 100 m, TOC 含量大于 3.5%; 其上覆盖了近 1300 m 的新生界。

## 一、石炭—二叠系地层埋藏史

冀南地区隶属于华北地台, 其盖层发展阶段以整体升降为主, 并自加里东期进入构造稳定阶段, 石

炭—二叠系各层系的厚度在空间上只是略有区别。早石炭世晚期开始, 整个华北地区下降接受沉积, 形成的一套富含煤层的石炭—二叠系烃源岩, 随着三叠系沉积的不断增加, 石炭—二叠系被初次埋深, 巨 1 井处晚石炭世的太原组底面最大埋深为 3182 m。

在印支期末, 华北东部在板块碰撞对接、南北向挤压应力的作用下, 再次整体抬升降起, 特别是太行山的隆起, 导致三叠系, 甚至其下伏古生界遭受不同程度的剥蚀, 区域上最大剥蚀量超过 2000 m<sup>[2]</sup>。冀南地区剥蚀程度稍弱, 石炭—二叠系得以保存较好, 而冀中地区剥蚀剧烈, 剥蚀作用明显呈西大东小, 石炭—二叠系残余主要分布在武清—苏桥—文安一带<sup>[3]</sup>。

位于冀南地区的巨鹿低凸起, 从印支期末以来, 整个燕山期, 一直保持了缓慢隆起和剥蚀状态, 直到喜马拉雅早期才开始接受沉积, 到达沙河街组沉积后, 石炭—二叠系达到最大埋深, 达 3343 m。

发生于喜马拉雅早期末的东营运动, 导致了本区又一次隆升, 石炭—二叠系地层埋藏不断变浅。直到新生代晚期, 才又一次被浅埋。

总体而言, 巨 1 井处的古生界烃源岩自埋藏以来主要经历了 3 期构造—埋藏历史(图 1)。

<sup>\*</sup> 本文作者还有中国矿业大学资源与地球学院的汤昆。

**作者简介:** 朱炎铭, 1963 年生, 教授, 博士生导师; 主要从事煤、油气资源评价、资源勘探、能源沉积盆地分析等方面的研究工作; 出版《黄骅拗陷古生界烃源岩二次生烃的构造控制》等专著 3 部, 发表《小江断裂带第三纪走滑断陷盆地的充填层序特征》等论文 30 多篇。地址: (221008) 江苏省徐州市中国矿业大学资源学院。电话: (0516) 83995602。E-mail: yanmingzhu@sohu.com

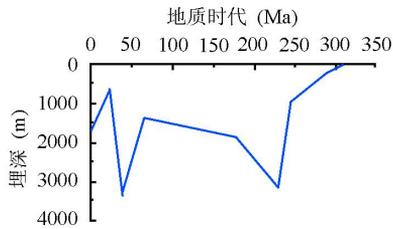


图1 巨1井处太原组埋藏曲线图

## 二、石炭—二叠系受热史分析

烃源岩的油气生成、迁移和集聚与其受热历史密切相关。冀南地区的石炭—二叠系自埋藏来,在区域构造作用的控制下,烃源岩经历了不同的地温演化阶段,生烃母质经历了较复杂的受热过程。

裂变径迹分析是研究沉积盆地热历史的新方法,大量的裂变径迹退火实验表明,磷灰石中裂变径迹长度具有较窄的范围、所敏感的温度也最低<sup>[4]</sup>,可提供重要的古地温资料。

研究表明巨1井石炭—二叠系样品经历多期热事件,裂变径迹偏斜校正长度以及表观年龄,普遍表现为“混合”分布的特征,具有多峰重叠的峰形,指示了受过多期热事件(图2)。分峰研究揭示其最近所

受的构造—热事件,发生在喜马拉雅早期,其表观年龄为31 Ma,对应于沙河街组沉积后,东营运动前,裂变径迹已部分退火,现存长度仅5.4 cm,受热温度约为125℃,埋藏史分析,当时样品埋深约3030 m,因此其古地温梯度为3.6℃/100 m。

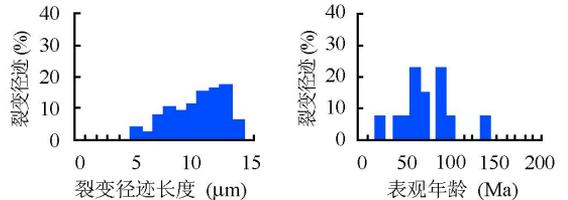


图2 巨1井的裂变径迹长度与表观年龄众分布图

矿物中原生流体包裹体常保留了矿物形成时的物理化学条件,如温度、压力、成矿流体来源等,为古地热场特征反演提供了丰富信息,特别是有机包裹体更能提供油气形成、运移等信息,而广泛受到石油界的重视<sup>[5-8]</sup>。对采自巨1井的方解石脉中有机包裹体测试,得到了两期包裹体,结合构造—埋藏史分析,应分别对应于燕山期和喜马拉雅期,并分别求出了其对应的古地温梯度(表1)。

表1 山西组方解石脉包裹体测温成果表

现埋深(m)	层位	矿物	第一期(燕山期)			第二期(喜山期)		
			均一温度(℃)	古埋深(m)	dt/dH	均一温度(℃)	古埋深(m)	dt/dH
1851	C	方解石	96~99.3(97.5)	1650	4.9	129~174(155)	3340	3.50

注:96~99.3(97.5)℃表示均一温度区间(平均值);dt/dH的单位为℃/100 m。

## 三、石炭—二叠系生烃史

巨1井位于临清拗陷西部的巨鹿低凸起上,巨1井的石炭—二叠系烃源岩大致经历了两期生烃演化,其一是印支期的深埋,主要决定于三叠系沉积厚度,太原组的最大埋深近3200 m,受热温度为120℃,有机质发生一次成熟演化,烃源岩普遍发生一次生烃作用,到印支期末,有机质成熟度达 $R_o = 0.56\%$ ,相对生烃量仅6 mg/g(表2)。而燕山期基本为长期隆起剥蚀区,有机质成熟度鲜有进展。到喜山早期曾一度被深埋,太原组埋深达3343 m,有机质受热温度达132℃,烃源岩成熟度有些许进展,磷灰石裂变径迹测试证实了巨1井处石炭—二叠系在喜山早期曾发生过明显“退火”事件,其表观年龄在31 Ma,有机质成熟度定型在 $R_o = 0.89\%$ ,引发二次生烃,当时的生烃门限深度为3000 m,其生烃率约

10 mg/g,未达到显著生烃深度4053 m(表2);山西组发生二次生烃,但生烃量更弱,约5 mg/g。

## 四、讨论

冀南地区巨鹿低凸起区的石炭—二叠系自埋藏以来经历了复杂的构造演化历史,第一次埋藏在印支期末,有机质发生一次生烃;燕山期则一直处于缓慢隆升状态,接受剥蚀,因此到燕山期末,有机质的成熟度基本没有演进,也就未发生生烃作用;喜山早期,受裂谷作用影响,导致石炭—二叠系被深埋,有机质发生一定量的演进,其终止成熟度达 $R_o = 0.89\%$ ,引发二次生烃作用,但生烃率相对较小,不超过10 mg/g。期后的东营运动导致本区又一次被抬升,不仅剥蚀量巨大,而且还破坏了喜马拉雅早期的成藏。因此,在今后的勘探中,要特别重视东营运动的研究,寻找东营运动相对影响小的地区,进行综

表2 冀南地区巨1井太原组二次生烃综合评价结果表

地质时代	演化史				迟滞性					生烃量		
	埋藏史 (m)	受热史 (°C)	成熟史 ( $R_o\%$ )	生烃史 (阶段)	$\Delta R_1$ (%)	$\Delta R_2$ (%)	$dR_o$ (%/Hm)	生烃门 限深度 (m)	显著生 烃深度 (m)	生烃率 (mg/g)	生油量 (mg/g)	生气量 (mg/g)
Q	1855	83										
N	1655	72.3										
$E_3 d$	655	36.6										
$E_3 s$	3343	132	0.72~0.89	2nd	0.26	0.30	0.0336	3000	4053	10	5	5
$K_{1-2}$	1400	57.6										
$J_{1-2}$	1854	61.2										
$T_3$												
$T_{1-2}$	3182	120	0.22~0.56	1st						6	5	1
P	970	44.1										

注: $\Delta R_1$ 为相对生烃量为20 mg/g的镜质组反射率迟滞量; $\Delta R_2$ 为相对生烃率为10%的镜质组反射率迟滞量; $dR_o$ 为阶段生烃演化的镜质组反射率梯度;按相对生烃量为20 mg/g定为显著生烃。生烃量计算依据秦勇等(2001)的生烃量图版<sup>[9]</sup>。

合评价,以期在巨鹿低凸起区获得油气勘探突破。

#### 参 考 文 献

- [1] 翟光明主编. 中国石油地质志(卷V)[M].北京:石油工业出版社,1987.
- [2] 朱炎铭,秦勇,范炳恒,等.渤海湾盆地三叠系沉积厚度恢复及其意义[J].中国矿业大学学报,2001,(2):195-200.
- [3] 朱炎铭,秦勇,范炳恒,等.武清凹陷石炭二叠系烃源岩的二次生烃评价[J].地球科学(中国地质大学学报),2004,29(1):77-84.
- [4] 康铁笙,王世成.地质热历史研究的裂变径迹法[M].北京:科学出版社,1991.
- [5] MARRAY R C. Hydrocarbon fluid inclusions in quartz [J]. AAPG Bull,1957,41:950-952.
- [6] 潘长春,周中毅.液体流体包裹体在准噶尔盆地油气资源评价中的应用[J].石油实验地质,1990,13(4):399-407.
- [7] 施继锡,李本超,傅家谟,等.有机包裹体及其与油气的关系[J].中国科学(B辑),1987,(3):318-325.
- [8] 柳少波,顾家裕.包裹体在石油地质研究中的应用与问题讨论[J].石油与天然气地质,1997,18(4):326-332.
- [9] 秦勇,朱炎铭,范炳恒,等.沉积有机质二次生烃理论及其应用[M].北京:地质出版社,2001.

(收稿日期 2006-07-09 编辑 黄君权)