

鄂尔多斯盆地与沁水盆地中生代晚期地温场对比研究^①

任战利 赵重远

(西北大学含油气盆地研究所, 西安 710069)

提 要 鄂尔多斯盆地和沁水盆地都为大型的沉积盆地,中间以吕梁隆起相隔开。本文通过镜质体反射率、磷灰石裂变径迹、包体测温等古地温研究方法确定了鄂尔多斯盆地和沁水盆地中生代晚期的古地温梯度和古大地热流,鄂尔多斯盆地为 $3.3\sim 4.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 及 $8\sim 9.5\text{mW}/\text{m}^2$,沁水盆地为 $6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 及 $106\text{mW}/\text{m}^2$ 。沁水盆地和鄂尔多斯盆地古地温梯度和大地热流值都较高且沁水盆地高于鄂尔多斯盆地说明中生代晚期存在一次构造热事件,构造热事件发生在晚侏罗世—早白垩世。这次构造热事件提高了气源岩的热演化程度,加速了天然气的形成。

关键词 鄂尔多斯盆地 沁水盆地 热事件 古地温场

分类号 TE 12

第一作者简介 任战利 男 35岁 副研究员 硕士 盆地热演化史

1 前 言

以吕梁隆起相隔开的鄂尔多斯盆地和沁水盆地都是大型的沉积盆地,具有相似的沉积构造发展史。鄂尔多斯盆地已发现了大气田,油气资源丰富,已进行了较详细的古地温研究工作^[1,2,3,4],而沁水盆地油气勘探工作一直未获得突破,古地温研究工作也十分薄弱。笔者通过镜质体反射率、包体测温、磷灰石裂变径迹、热导率测定等多种方法对鄂尔多斯盆地及沁水盆地的古地温进行了对比研究,并对古地温的形成时间进行了探讨。

2 区域地质背景

沁水盆地与鄂尔多斯盆地同位于华北克拉通西部,中间以吕梁隆起相隔开,两盆地具有相似的构造发展史。在早古生代,鄂尔多斯盆地和沁水盆地同属于华北陆缘海盆地,晚古生代同属于滨浅海盆地和内陆盆地。早古生代寒武纪—奥陶纪为海相沉积,加里东运动使华北区造成了从中奥陶世到中石炭世初的长期沉积间断。晚古生代石炭—二叠系为海陆交互相含煤沉积,形成了早、晚古生代两套烃源岩。

中生代早期,沁水盆地和鄂尔多斯盆地为华北

大型沉积盆地的一部分。侏罗纪以来,随着华北克拉通东部隆起进一步抬升和扩大,鄂尔多斯盆地沉积范围逐渐西移^[5],中侏罗世以后吕梁隆起及其以东的沁水盆地隆起,遭受抬升、剥蚀作用;而以西的鄂尔多斯盆地沉积了早白垩世地层。

早白垩世沉积之后鄂尔多斯盆地也整体抬升,新生代以来汾渭地堑形成,鄂尔多斯盆地和沁水盆地继续整体抬升。

因此,中侏罗世之前,鄂尔多斯盆地和沁水盆地具有相似的发展史;中生代晚侏罗世到早白垩世,沁水盆地与鄂尔多斯盆地发生分异,沁水盆地抬升、剥蚀,而鄂尔多斯盆地继续沉积。山西地区发生了强烈的构造运动,形成了一系列雁行状排列的复背斜、复向斜构造,并伴随较强的逆冲推覆作用和岩浆活动;在鄂尔多斯盆地周缘区构造活动性较强,形成了一系列的弧形构造带,伴随着强烈的逆冲推覆作用,而盆地内部构造活动性则较弱。由此可见沁水盆地比鄂尔多斯盆地抬升早,构造活动性强。

3 古地温恢复与对比

3.1 镜质体反射率曲线的对比及地质意义

鄂尔多斯盆地和沁水盆地现今地温梯度都较

① 国家“八五”攻关项目及石油天然气总公司新区事业部项目。

收稿日期: 1996-09-12

低,且比较接近。鄂尔多斯盆地在 $2.2 \sim 3.1^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ 之间,平均为 $2.8^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ ^[2],沁水盆地在 $2.8 \sim 3.0^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ 之间。两盆地都属于后期强烈抬升型盆地,其古地温高于今地温。

从两盆地两口井镜质体反射率与深度的关系对比研究可以看出(图 1),在同一深度沁水盆地镜质

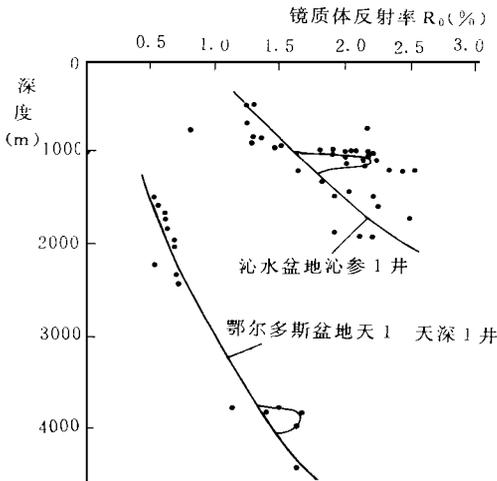


图 1 鄂尔多斯盆地和沁水盆地镜质体反射率与深度剖面对比图

Fig. 1 Comparison between vitrinite reflectance and depth curve in the Ordos basin and Qinshui basin

体反射率值远高于鄂尔多斯盆地;沁水盆地镜质体反射率与深度曲线的斜率大于鄂尔多斯盆地;在石炭系与奥陶系不整合面附近都是存在镜质体反射率值异常。这说明:① 沁水盆地后期经过了比鄂尔多斯盆地更为强烈的抬升、剥蚀,使同一深度的镜质体反射率值远高于鄂尔多斯盆地;② 沁水盆地的镜质体反射率与深度曲线的斜率大,表明沁水盆地古地温梯度高于鄂尔多斯盆地;③ 两盆地在石炭系与奥陶系不整合界面附近出现的镜质体反射率值高的异常现象表明此界面可能存在热流体的侧向运动。奥陶系顶部风化壳溶蚀孔隙发育,流体沿此界面的运动,提高了此界面附近有机质的热演化程度。沁水盆地此界面深度在沁参 1 井约 1100 m 左右,鄂尔多斯盆地在天 1 天深 1 井处深约 3800 m 左右。沁水盆地热异常比鄂尔多斯盆地更为明显,表明沁水盆地热流体活动性更强。

3.2 古地温恢复

鄂尔多斯盆地和沁水盆地天 1 井、天深 1 井、沁

参 1 井镜质体反射率资料较多,根据 Barker 和 Pawlewicz (1986) 建立的最大埋藏温度 (T_{max}) 与平均反射率 (R_0) 之间的关系式 $\ln(R_0) = 0.0078 T_{\text{max}} - 1.2^{[6]}$, 可根据不同深度的镜质体反射率值求得不同深度的最大埋藏温度。

去掉不整合面附近的 R_0 异常值,根据鄂尔多斯盆地和沁水盆地不同井最大埋藏温度与深度进行回归计算,可求得沁水盆地沁参 1 井古地温梯度为 $6.1^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ 鄂尔多斯盆地天 1 天深 1 井古地温梯度为 $4.3^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ 。笔者根据多种古地温研究方法计算的鄂尔多斯盆地天 1 天深 1 井的古地温梯度主要在 $3.3 \sim 4.1^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ 之间^[1,2,3],鄂尔多斯盆地的古大地热流为 $81 \sim 95\text{ W} / \text{m}^2$ ^[2]。镜质体反射率法估算的为最高古地温,因此计算的沁水盆地沁参 1 井和鄂尔多斯盆地的天 1 天深 1 井的地温梯度可作为古地温梯度的上限值。由计算结果可知鄂尔多斯盆地天 1 天深 1 井石炭、二叠系地层古地温已达 $172 \sim 221^{\circ}\text{C}$,沁水盆地沁参 1 井石炭、二叠系地层古地温达 $230 \sim 256^{\circ}\text{C}$,高于鄂尔多斯盆地天 1 天深 1 井。沁水盆地沁参 1 井古地温梯度也高于鄂尔多斯盆地天 1 天深 1 井的古地温梯度。根据实测的沁参 1 井热导率 $1.73(\text{W} / \text{m}^{\circ}\text{K})$ 计算的沁参 1 井古大地热流值为 $106\text{ mW} / \text{m}^2$ 。从恢复的古地温及古地温梯度都较高来看鄂尔多斯盆地和沁水盆地存在一次构造热事件^[1,2]。

4 构造热事件发生的时间探讨

从沁水盆地山西组主煤层镜质体反射率平面等值线来看(图 2),在盆地东西两侧镜质体反射率值较低,向盆地内部反射率值增高。在盆地南端襄汾、阳城一带,反射率异常高,可达 6.00% 。从构造发展史来看沁水盆地是中侏罗世以后挤压抬升形成的复向斜构造。现今在沁水盆地北部的平遥榆社一带还保存有中侏罗统黑峰组,地层残余厚度 $30 \sim 254\text{ m}$ 。现今山西组主煤层镜质体反射率等值线图与盆地构造形态基本一致及沁参 1 井镜质体反射率与深度剖面不存在错断现象说明沁水盆地山西组主煤层现今的热演化程度是在中侏罗世以后达到的。

鄂尔多斯盆地现今上古生界煤系地层 R_0 平面等值线图也是由盆地边缘向盆地内部逐渐增高^[1]。 R_0 等值线图与盆地现今莫霍面形态及现今地温等值线明显不一致,而与中生代晚期东部为一斜坡,西部为一坳陷的构造面貌基本一致。鄂尔多斯盆地是

早白垩世之后抬升的,现今的天 1 天深 1 井镜质体反射率与深度剖面是连续的,并无 R_0 错断现象。由于鄂尔多斯盆地地下白垩统缺乏 R_0 数据及盆地内缺失晚侏罗世地层,因此鄂尔多斯盆地上古生界煤层地层的热演化程度应是在中侏罗世以后,早白垩世末之前达到的。

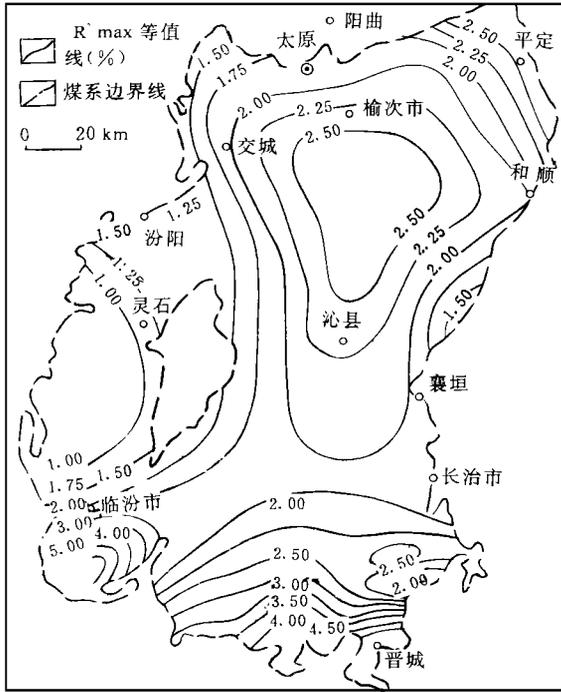


图 2 沁水盆地山西组主煤层镜质体反射率等值线图
(据刘宝泉 1990 图修改)

Fig. 2 Vitrinite reflectance isogram of the major coal seam of the Shanxi group in the Qinshui basin

在山西沁水盆地南端的翼城、襄汾一带的镜质体异常高值与二峰山、塔儿山岩体有关,在阳城推断有隐伏岩体。在平顺、陵川一带也有岩浆侵入体,在太原西山煤田西部的狐偃山花岗岩体,祁县的石英二长岩体也都与煤的镜质体异常高值相对应。在鄂尔多斯盆地东部临县紫金山花岗岩也与煤的 R_0 高值相对应。以上中生代岩体同位素年龄测定^①表明祁县石英二长岩体同位素年龄为 141.1 百万年;翼城、襄汾一带的二峰山、塔儿山岩体同位素年龄为 95.34~135.74 百万年;平顺岩体为 138.62~166.45 百万年;太原西山的狐偃山花岗岩体同位素年龄为 110.12~135.58 百万年;紫金山岩体同位素年龄为 125~158.4 百万年^[7]。以上岩体时代主要

在晚侏罗世到早白垩世,即 95.34~166.45 百万年,岩浆活动本身就是地壳深部热活动性的一种表现。

从构造演化史、镜质体反射率平面分布图与盆地构造形态相似、 R_0 剖面不存在错断及岩浆岩同位素年龄测定结果等综合分析,鄂尔多斯盆地和沁水盆地的构造热事件发生在晚侏罗世—早白垩世。以上确定的鄂尔多斯盆地和沁水盆地古地温梯度和古大地热流值就是晚侏罗世—早白垩世地温场的反映。

5 中生代晚期古地温场确定的石油地质意义

鄂尔多斯盆地及沁水盆地晚侏罗世—早白垩世古地温梯度和大地热流值的确定,说明在中生代晚期存在一次构造热事件。这次构造热事件在沁水盆地南端的火成岩活动区古地温梯度及古大地热流值更高,使上古生界山西组煤层镜质体反射率高达 6.0%,极大地提高了古生界煤层的热演化程度。

鄂尔多斯盆地和沁水盆地发育上、下古生界两套气源岩^[8],中生代晚期的构造热事件对天然气的形成有重要的意义^[3]。中生代晚期的构造热事件提高了两盆地气源岩的热演化程度,使两盆地大部分地区的气源岩达到过成熟阶段且同时达到了生气高峰期。晚白垩世以来两盆地抬升、剥蚀,地温梯度及大地热流值减小,生气作用减弱或停止了。鄂尔多斯盆地构造稳定,后期保存条件较好,有利于大气田的形成;而沁水盆地中侏罗世以后,构造变动强烈,构造裂缝发育,后期剥蚀严重,保存条件较差,中生代晚期大量生成的天然气只有在保存条件较好的圈闭中才能得以保存,因此应加强沁水盆地保存条件的研究。

6 结论

(1) 鄂尔多斯盆地和沁水盆地古生界煤系地层热演化程度高,恢复出的古地梯度和大地热流值鄂尔多斯盆地为 $3.3\sim 4.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 及 $81\sim 95\text{mW}/\text{m}^2$;沁水盆地为 $6.1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 及 $106\text{mW}/\text{m}^2$,沁水盆地的古地温梯度和大地热流值高于鄂尔多斯盆地。

① 吴汾柱,山西省中生代构造演化及其对某些内生矿产分布的控制作用,1995

(2) 鄂尔多斯盆地和沁水盆地的古地温梯度及大地热流值都远高于现今值, 说明存在一次构造热事件。根据两盆地上古生界煤层镜质体反射率平面展布与盆地构造形态的关系, 盆地构造发展史、 R_0 剖面不存在错断现象, 结合岩浆岩体同位素年龄资料综合分析这次构造热事件发生在晚侏罗世—早垩世。

(3) 中生代构造热事件对天然气的形成起了十分重要的作用, 使中生界两套气源岩达到了过成熟阶段且同时达到了生气高峰期。

参 考 文 献

- [1] 任战利, 赵重远, 张军等. 鄂尔多斯盆地古地温研究. 沉积学报, 1994, 12(1): 56~65.
- [2] 任战利. 利用磷灰石裂变径迹法研究鄂尔多斯盆地地热史. 地球物理学报, 1995, 38(3): 339~349.
- [3] 任战利. 鄂尔多斯盆地热演化与油气关系的研究. 石油学报, 1996, 17(1): 17~24.
- [4] Ren Zhanli. Research on the relations between thermal history and oil-gas accumulation in the Ordos basin, China, in Wu Hanquan, Tian Bai and Liu yiqun, eds, very low grade metamorphism: Mechanisms and Geological applications, Beijing, seismological press, 1994, 117~131.
- [5] 赵重远. 鄂尔多斯盆地的演化历史. 形成机制和含油气有利地区. 赵重远, 刘池洋等著. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存. 西安: 西北大学出版社, 1990, 95~98.
- [6] Barker, C E and pawlewicz, The correlation of vitrinite reflectance with maximum temperature in organic matter in G Buntebarth and L Stegena. eds. Paleogeothermics, lecture notes in earth sciences, V. 5 Berlin springerverlag, 1986, 79~93.
- [7] 汤达祯, 杨起, 潘治贵等. 河东煤田地史—热史模拟与煤变质演化. 现代地质, 1992, 6(3): 328~337.
- [8] 杨俊杰. 陕甘宁盆地古生界天然气的发现. 天然气工业, 1991, 11(2): 1~6.

Late Mesozoic Comparative Research on the Geothermal Field of the Ordos Basin and Qinshui Basin

Ren Zhanli and Zhao Zhongyuan

(Institute of Oil and Gas Basin, Northwest University, Xi'an 710069)

Abstract

The Ordos basin and Qinshui basin, separated by the Lüliang uplift, are all large sedimentary basins. It was determined by many methods of vitrinite reflectance, apatite fission track and fluid inclusion that paleogeothermal gradient and heat flow are 3.3~4.3°C/100 m and 81~95 m W/m² in the Ordos basin, 5.8°C/100 m and 106 m W/m² in the Qinshui basin, and the Qinshui basin is higher than these values than the Ordos basin. Those facts showed that there was a tectonic-thermal event in Late Mesozoic which occurred from Late Jurassic to Early Cretaceous. this tectonic-thermal event increased thermometamorphic degree of Palaeozoic gas source rocks and accelerated gas generation.

Key Words Ordos basin Qinshui basin thermal event paleogeothermal field