

沁水盆地中生代晚期构造热事件*

任战利 赵重远 陈刚

(西北大学地质系, 西安 710069)

王世成

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100080)

在沁水盆地中,通过镜质体反射率、包裹体测温 and 裂变径迹等方法恢复得到的古地温和古地温梯度有较好的一致性。沁参1井的古地温梯度达每百米 $4.73\sim 6.10^{\circ}\text{C}$,古大地热流在 $82\sim 106\text{ mW/m}^2$ 之间。这样高的古地温梯度肯定与构造热事件有关。经分析,沁水盆地 R_o 值在纵向剖面不存在错断现象,在平面分布上与中生代晚期的盆地形态相一致,并且 R_o 高值分布区与岩浆活动有关;盆地内岩体同位素年龄大都在 $95.34\sim 166.45\text{ Ma}$ 之间,周边地区岩浆活动带中的500多个同位素年龄的最大丰度值也介于 $124\sim 153\text{ Ma}$ 之间。这些都说明这次构造热事件发生在晚侏罗世至早白垩世,是燕山中期运动的反映。

关键词 沁水盆地 古地温梯度 裂变径迹 构造热事件

第一作者简介 任战利 男 37岁 副研究员(博士) 石油地质与勘探

沁水盆地位于山西地块的中南部,介于太行和吕梁二隆起带之间,面积 $3\ 200\text{ km}^2$,是一走向NNE的大型复式向斜构造。盆地周缘广泛出露古生代地层,盆地腹部被大片三叠纪地层覆盖,中侏罗统仅在平遥一带残留。盆地内保存了较全的古生代地层,发育了两套古生界烃源岩。盆地内构造圈闭比较发育,已在阳1井获工业性天然气流。沁水盆地现今地温梯度较低,为每百米 $2.62\sim 3.00^{\circ}\text{C}$ 。沁参1井是盆地内的第一口科学探索井,资料齐全,为深入研究古地温奠定了基础。

1 古地温恢复

1.1 镜质体反射率

在沁水盆地沁参1井镜质体反射率与深度的关系图上(图1)可看出:镜质体反射率与深度关系曲线的斜率较大,说明沁水盆地曾经历过较高的古地温;在石炭系与奥陶系不整合面附近存在镜质体反射率异常,说明沿此界面曾有热流体流动,提高了此界面附近有机质的热演化程度。

根据Barker和Pawlewicz^[1]建立的最大埋藏温度(T_{max})与平均反射率(R_m)之间的关系式: $\ln(R_m) = 0.0078T_{\text{max}} - 1.2$,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。

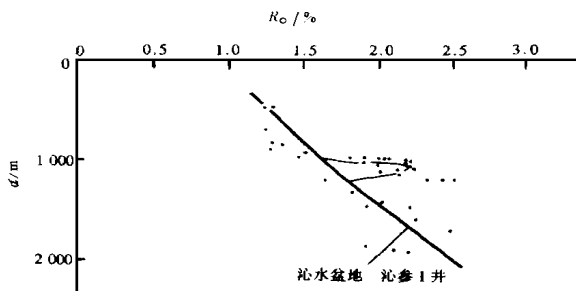


图1 沁水盆地镜质体反射率与深度关系图

Fig. 1 Relationship between vitrinite reflectance and buried depth of Qinshei Basin

取掉不整合面附近的 R_o 异常值,根据沁水盆地沁参1井最大埋藏温度与深度进行回归计算,求得沁水盆地沁参1井古地温梯度为每百米 6.10°C 。笔者曾用多种方法计算过鄂尔多斯盆地的古地温^[2~4],其中以镜质体反射率估算的古地温最高,因此用该方法求得的古地温梯度可作沁水盆地古地温梯度的上限值。

1.2 包裹体测温

沁水盆地有两种成分的包裹体:一类为水溶液次生包体,这类包体均一温度在 $125\sim 143^{\circ}\text{C}$ 之间,形成温度在 $170\sim 186^{\circ}\text{C}$ 之间;另一类为气相烃类原生包体,这类包体主要分布于石炭系、奥陶系,形成温度大于 180°C 。包裹体测温资料总体上较镜质

* 石油天然气总公司新区事业部项目

收稿日期:1998 10 22

体反射率资料估算的最大古地温值低,可看作古地温的下限值。在井深 900 m 左右,包体测温为 175~182℃,与由 R_o 估算的最大古地温值 187~207℃接近,说明包体测温资料是可信的。

沁水盆地南部热液石英脉中,包体均一温度平均值达 234℃和 267℃^[5],表明其热演化程度更高。

1.3 裂变径迹

磷灰石裂变径迹结果表明,沁参 1 井 546~1 060 m 之间,磷灰石裂变径迹年龄值在 11.5~18.7 Ma 之间,远小于地层年龄。裂变径迹长度缩短,但变化不明显,说明 500~1 060 m 已处于冷却带之中,其古地温大于 120℃(图 2)。三个样品长度分布为双峰型,表明存在一次热事件。三个样品后边峰值较前边峰值高,说明在冷却状况下时间较长。从记录的年龄值较小来看,这次热事件为新生代以来的热扰动,未能记录中生代构造热事件。

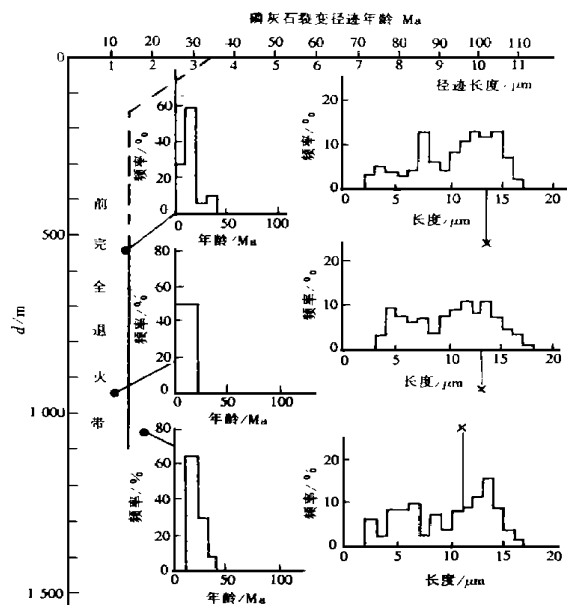


图2 沁参 1 井磷灰石裂变径迹年龄及径迹长度分布图

Fig. 2 Age and length of apatite fission track in Qincan-1 well

井深 946 m 砂岩样品锆石裂变径迹年龄为 677.59 Ma,远大于地层年龄。表明锆石未退火,其经受的最大古地温未超过 200℃,其年龄反映了母岩区性质。

磷灰石裂变径迹年龄在 546~1 060 m 范围内,不随深度而变化,表明在 18.7 Ma 之前发生了一期冷却事件。此期冷却事件与鄂尔多斯盆地记录的冷却事件可以对比^[3],表明沁水盆地在约 20 Ma 前

经过大规模的抬升冷却。

1.4 古地温对比研究

以上三种方法确定的古地温有较好的一致性,在 800~946 m 的范围内,镜质体反射率计算的古地温为 156~207℃,包体测温为 172~182℃,磷灰石和锆石裂变径迹确定的古地温大于 120℃,小于 200℃。从三种方法的比较可以看出,在 800~946 m 范围内的二叠系下石盒子组经受的最大古地温在 156℃~200℃之间。根据 Barker 方法确定的古地温梯度为每百米 6.10℃,由 Hood 法确定的古地温梯度为每百米 4.73℃,因此沁水盆地沁参 1 井古地温梯度为每百米 4.73~6.10℃之间。根据沁参 1 井热导率值计算的沁参 1 井古大地热流值在 82~106 mW/m² 之间。

2 构造热事件的证据及发生时间

2.1 古地温的证据

沁参 1 井恢复的古地温梯度达每百米 4.73~6.10℃,古大地热流值为 82~106 mW/m²。这样高的古地温梯度在正常情况下是很难达到的,必然有深部热异常活动的参与,因而表明在沁水盆地存在一期构造热事件。从沁参 1 井反射率与深度剖面图(图 1)来看,随深度增大, R_o 值逐渐增高,不存在错断现象,表明沁水盆地的最高热演化程度主要受控于燕山期形成的向斜型盆地结构,其最高热演化程度是在燕山中期达到的,构造热事件发生在燕山中期^[6]。

2.2 煤镜质体反射率及构造变动证据

从沁水盆地山西组主煤层镜质体反射率平面等值线图反映,盆地东西两侧镜质体反射率值较低,向盆地内部反射率增高。盆地南端襄汾、阳城一带,反射率异常高,可达 6.0%。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 30~254 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 R_o 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。

2.3 岩浆活动证据

山西沁水盆地南端翼城、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。平顺、陵川一带也有岩浆侵入体,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值相对应。以上中生代岩体同位素年龄测定表明^{*}:祁县石英二长岩体同位素年龄为 141.0 Ma;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 Ma;平顺岩体为 138.62~166.45 Ma。沁水盆地的邻近地区太原西山狐偃山花岗岩体同位素年龄为 110.12~135.58 Ma,紫金山岩体同位素年龄为 125~158.4 Ma^[5]。以上岩体时代主要在晚侏罗世到早白垩世,即 95.34~166.45 Ma。

与沁水盆地邻近的太行隆起带上,岩体沿 NNE 向断裂带呈明显的串珠状分布,岩浆岩的 500 余个同位素数据都介于 63~218 Ma 之间,其最大丰度值介于 124~153 Ma 之间^[7],相当于 J₃~K₁,也就是说,岩浆活动高峰期主要集中在燕山中期。

综上所述,沁水盆地发生过一次构造热事件,时间为晚侏罗世—早白垩世。以上确定的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。

3 结论

(1) 沁水盆地古生代煤系地层热演化程度高,古地温梯度达每百米 4.73~6.10℃,古大地热流值

为 82~106 mW/m²,远高于现今的地温梯度及大地热流值。

(2) 沁水盆地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。强烈的构造运动是构造热事件发生的主因,构造引发了岩浆活动及地热异常。

(3) 磷灰石裂变径迹资料表明沁水盆地在约 20 Ma 前发生过一期冷却事件。

参 考 文 献

- 1 Barker C E, Pawlewicz MT. The correlation of vitrinite reflectance with maximum temperature in organic matter. In: Buntebarth G, Stegena L, eds. Palaeogeothermics, lecture notes in earth sciences, V. 5. Berlin: Springer Verlag, 1986. 79~93
- 2 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
- 3 任战利.利用磷灰石裂变径迹法研究鄂尔多斯盆地地地史.地球物理学报,1995,38(3):339~349
- 4 任战利.鄂尔多斯盆地热演化史与油气关系的研究.石油学报,1996,17(1):17~24
- 5 杨起,潘治贵,翁成敏,等.华北石炭二叠纪煤变质特征与地质因素探讨.北京:地质出版社,1988. 82
- 6 任战利,赵重远.鄂尔多斯盆地与沁水盆地中生代晚期地温场对比研究.沉积学报,1997,15(2):134~137
- 7 罗照华,邓晋福,李玉文,等.太行山构造带 K-Ar 法同位素年龄分析.现代地质,1996,10(3):334~349

TECTONIC THERMAL EVENTS OF LATE MESOZOIC IN QINSHUI BASIN

Ren Zhanli Zhao Zhongyuan Chen Gang

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi)

Wang Shicheng

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing)

Abstract

Through the analysis of vitrinite reflectance, inclusion and apatite fission track, paleogeotemperature and paleo-geothermal gradient obtained in Late Mesozoic of Qinshui Basin show well coincidence with each other. The paleo-geothermal gradient of Qincan-1 well is between 4.73℃/100 m ~ 6.10℃/100 m, its paleoheat flow is 82 mW/m²~106 mW/m². This is evidently related to tectonic thermal event. In horizontal, the distribution of R_o value coincides with the configuration of the basin in Late Mesozoic, and the high R_o value distribution region was related to magmatic activity. The isotopic age of the rock bodies is between 95.34 Ma~166.45 Ma, and the highest abundant of that in the peripheral magmatic active zones is 124 Ma~153 Ma. It suggests that the tectonic thermal event happened in Late Jurassic-Early Cretaceous, and that the event was the reflection of mid Yenshan movement.

Key Words: Qinshui Basin paleogeothermal gradient fission track tectonic thermal event

* 吴汾柱. 山西省中生代构造演化及其对某些内生矿分布的控制作用. 1985