

利用磷灰石裂变径迹研究准噶尔盆地生油层热史

潘长春

周中毅

王庆隆

(中国科学院地球化学研究所)

(国家地震局地质研究所)

作者用磷灰石裂变径迹法研究了准噶尔盆地艾参1井和火南1井主要生油层的热历史。作者认为,艾参1井生油层经历过早期增温、晚期降温的历史,降温过程发生在150 Ma以前;火南1井生油层在距今不到31 Ma的时期曾发生抬升。

一、方法和样品

矿物中的铀在裂变过程中形成的高能碎片,能使矿物晶格遭受辐射损伤,从而留下裂变的痕迹。经化学试剂刻蚀后,这种裂变径迹能够在普通光学显微镜下进行观察研究。 ^{238}U 在自发裂变过程中形成的径迹称为自发裂变径迹,而在原子反应堆中由热中子诱发 ^{235}U 裂变而形成的径迹称为诱发裂变径迹。矿物从形成时起就开始积累自发裂变径迹,矿物自发裂变径迹的密度取决于矿物积累裂变径迹的时间和铀的含量。因此,人们可以通过测定矿物自发裂变径迹的密度和铀的含量,确定裂变径迹的年龄 t 。 t 的计算公式为:

$$t = \frac{1}{\lambda_D} \left(1 + \frac{\lambda_D \cdot \delta \cdot I \cdot \phi \cdot \rho_i}{\lambda_f \cdot \rho_s} \right)$$

式中 ρ_s 和 ρ_i 分别代表自发裂变径迹和诱发裂变径迹的密度, $\lambda_D = 1.55125 \times 10^{-10} \text{a}^{-1}$, $\lambda_f = 6.9 \times 10^{-7} \text{a}^{-1}$, $\delta = 562 \times 10^{-24} \text{cm}^2$, $I = 7.2527 \times 10^{-2}$, ϕ 为中子积分通量。

裂变径迹在温度作用下逐渐消减,直至完全消失。这一现象称为裂变径迹退火作用。在退火过程中,裂变径迹密度(年龄)逐渐减小,长度也逐渐缩短。因此,可利用裂变径迹密度和长度的变化特征,恢复其受热史。磷灰石裂变径迹地质退火作用的温度范围为60—140°C,与主要生油阶段的温度范围相近。

本文所用样品采自准噶尔盆地玛湖拗陷艾参1井和东部拗陷火南1井(表1)。

二、实验结果

实验方法已有许多文献作过介绍^[1]。我们用总体法测定裂变径迹年龄。刻蚀条件:18°C,7% HNO_3 刻蚀35s。实验结果见表1和表2。

表1 艾参1井和火南1井磷灰石裂变径迹年龄

井号	样号	井深 (m)	时代	ρ_d (10^6cm^{-2})	ρ_i (10^{15}cm^{-2})	ϕ (10^{15}cm^{-2})	t (Ma)
艾参1	320	2460	J	1.414 (234/6)*	4.05 (377/5)	13.87 ± 0.69	280 ± 14
	5	3662	T	0.234 (87/6)	0.122 (32/5)	1.425 ± 0.071	157 ± 33
	7	4024	P ₂	0.175 (151/23)	0.129 (18/4)	1.425 ± 0.071	113 ± 31
	231	4775	P ₂	0.197 (25/3)	1.65 (14/1)	9.26 ± 0.46	64.7 ± 21
	13	4858	P ₂	0.0342 (90/71)	0.119 (505/69)	1.425 ± 0.071	23.6 ± 3
	16	5163	P ₂	0 (0/30)	0.114 (75/16)	1.425 ± 0.071	0
	17	5268	P ₂	0 (0/60)	0.227 (934/70)	1.425 ± 0.071	0
火南1	21	740	J	0.208 (22/3)	0.0824 (72/21)	1.425 ± 0.071	208 ± 14
	497	1800	P ₂	0.158 (20/4)	1.03 (96/2)	13.87 ± 0.69	121 ± 30
	26	1899	P ₂	0.110 (78/9)	0.294 (239/15)	1.425 ± 0.071	31 ± 4

* 分子为裂变径迹数, 分母为磷灰石颗粒数。

表2 艾参1井样品表面径迹平均长度

样号	井深 (m)	自发径迹 (μm)	诱发径迹 (μm)	自发径迹 诱发径迹
320	2460	5.86 (230)*	6.05 (373)	0.97
5	3662	5.63 (80)		0.93
7	4024	5.67 (150)		0.93
231	4775	4.30 (25)		0.71
13	4858	4.24 (90)	6.06 (500)	0.70

* 括号内数字为径迹数目。

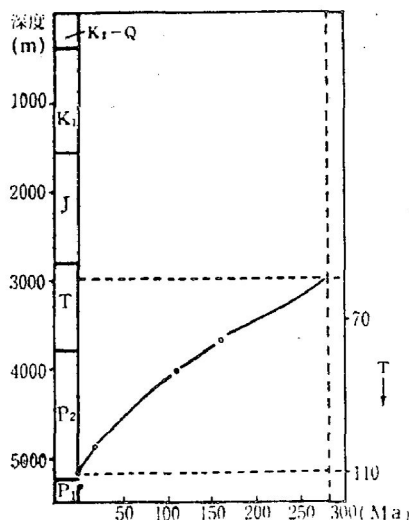


图1 艾参1井磷灰石裂变径迹年龄

(一) 艾参1井磷灰石裂变径迹研究

1. 裂变径迹年龄

表1和图1表明, 随深度增加, 裂变径迹年龄逐渐减小。16号样品(井深5163 m, 今地温110℃)的自发裂变径迹完全消失, 裂变径迹年龄为零, 据此可认为艾参1井磷灰石裂变径迹退火下限为5160 m。样品320(井深2460 m)裂变径迹年龄为 280 ± 14 Ma, 样品5(井深3662 m)为 157 ± 33 Ma, 据此可推测退火上限在3000 m左右, 今地温65℃。

2. 裂变径迹长度

表2为艾参1井各样品表面径迹投影长度。据Naeser等的统计结果^[2,3], 未经退火的磷灰石自发裂变径迹的长度, 与诱发裂变径迹是一致的, 表面径迹

投影长度分别为 $6.1 \pm 0.15 \mu\text{m}$ 和 $6.2 \pm 0.18 \mu\text{m}$ 。

艾参1井样品320和样品13，其诱发裂变径迹与 Naeser 等的统计结果相近。但所有样品的自发裂变径迹长度明显偏低，表明所有样品都经历过退火作用。

3. 退火带与生油窗的关系

Gleadow 等在研究澳大利亚 Otway 盆地的 Flaxmans-1 井磷灰石裂变径迹地质退火作用时，发现该井退火带位于生油窗内(图2)，且二者下限相近。若以镜质体反射率 R^0 等于 0.6% 及 1.3% 为标准，艾参1井生油窗上、下限分别为 2900 m 和 4400 m。但该井磷灰石裂变径迹退火带为井深 3000—5160 m，生油窗下限与退火带下限相差 760 m。此外，Flaxmans-1 井与退火带下限相对应的 R^0 值为 1.3%，而艾参1井高达 1.8%。这些差异，只能从地热史方面得到解释。Flaxmans-1 井钻遇地层为新生界至白垩系。该地区从白垩纪以来一直连续沉降，未发生抬升剥蚀，今地温为地层经历的最高地温^[4]。艾参1井二叠系生油层却经历了早期增温而晚期降温的历程(地温降低的原因是地温梯度降低，但也可能是曾发生抬升剥蚀)。

图3-A是一个假想的连续沉降剖面，古地温是不断增高的。B和C分别表示退火上、下限，B'和C'则分别表示生油窗上、下限。如果该剖面所在地区发生抬升剥蚀(或地温梯度降低)，导致地温降低，则退火带和生油窗都将有所移动，如图3-B所示。由于有机质热演化的不可逆性，生油窗上、下限只能向上移动。地温降低对退火上、下限的影响则要复杂得多。虽然退火作用对每一条具体的裂变径迹来说也是不可逆过程，但在退火的同时， ^{238}U 仍以一定的速率形成新的裂变径迹。当温度降低到退火下限温度时，这些新形成的裂变径迹能够部分地保留下来。由于原来位于退火下限以深的磷灰石又能重新积累裂变径迹，故裂变径迹退火带下限会向下移动，甚至下移到生油窗下限之下。至于位于原来退火带上部的磷灰石，当地温降低到低于退火上限温度时，将不再退火，退火带上限将下移。总的结果是，退火带上、下限将由B、C分别下移到E、D。但位于B、E之间的磷灰石，由于曾经发生过退火作用，已经产生了裂变径迹年龄“亏损”，这将使得我们实际观察到的退火带上、下限分别是B和D。这正是艾参1井退火带的特征。

由于温度降低后，生油下限向上移动距离很小，可以认为现今的生油下限曾是降温前的退火下限。即可以认为，艾参1井的退火下限曾经是4400 m，后来由于温度降低才下移至5160 m。从图1可知，4400 m的裂变径迹年龄约为75 Ma。

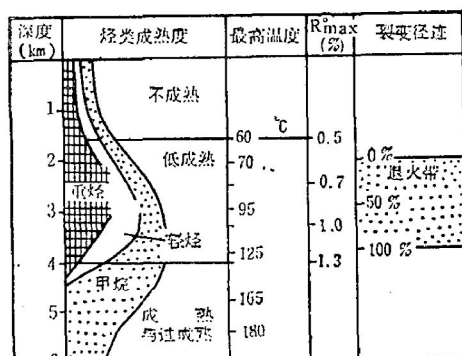


图2 磷灰石裂变径迹退火带、温度和烃类成熟度的关系
(据Kanstler等, 1978, 修改)

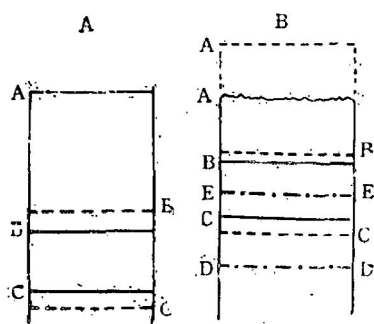


图3 生油窗和退火带的移动

图1也表明,地温高于 110°C 时,无裂变径迹保留; 70°C 可保留100%, 90°C 可保留50%。4400 m深处现今地温 96°C ,新形成的裂变径迹至多保留50%,必须经历150 Ma以上的时间才能累积75 Ma的裂变径迹。这就是说,艾参1井的降温作用发生在150 Ma之前。

4. 裂变径迹年龄的地质解释

艾参1井的热历史可分两个阶段:增温阶段与降温阶段。从距今285 Ma至150 Ma为

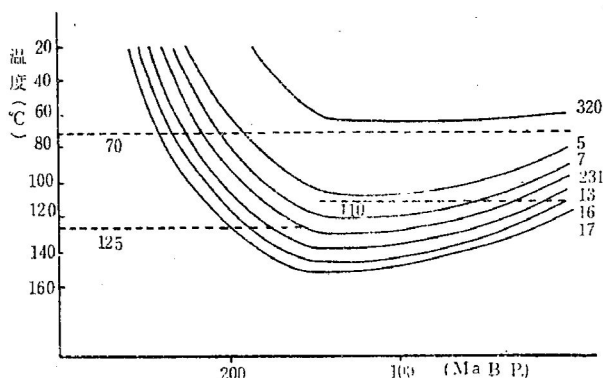


图4 艾参1井各样品热史及裂变径迹退火过程
虚线表示退火带上、下限

增温阶段,距今150 Ma以来为降温阶段。在增温阶段,艾参1井的热历史和 Flaxmans-1 井相似,退火带地温为 $70-125^{\circ}\text{C}$ 。4400 m以深的样品231及样品13,其最高古地温均高于 125°C 。这些样品曾经完全退火,地温降低后才重新积累裂变径迹。采自4400—3000 m井段的样品5和样品7,经历过部分退火,最高古地温低于 125°C 而高于 70°C 。样品320未退火,其最高古地温低于 70°C (图4)。

(二) 火南1井磷灰石裂变径迹研究

火南1井样品26现今深度为1899 m,地温 55°C 。在此温度下,磷灰石裂变径迹是稳定的。该样品采自二叠系,年龄在230 Ma以上,但裂变径迹年龄仅为31 Ma(表1)。对此可作出两种解释:(1)样品26的裂变径迹曾经完全退火,该地区抬升剥蚀后,才重新积累裂变径迹。样品26经历的最高古地温大于 125°C ,抬升剥蚀过程发生在31 Ma以前。

(2)样品26在抬升剥蚀以前未完全退火(还残留有一部分裂变径迹),抬升剥蚀后又混有新形成的裂变径迹。由于裂变径迹年龄仅为31 Ma,可知退火程度至少达80%,最高古地温在 110°C 以上,抬升剥蚀过程发生在距今31 Ma之后。

我们认为第二种解释才是正确的,因为1808 m深处的实测 R° 值为0.97%,据此估算,1959 m深处的最高古地温为 109°C 。

样品21裂变径迹年龄为208 Ma,表明该样品经历过退火作用,但退火程度不高,其最高古地温约 80°C (图5)。

工作中得到刘德汉、杨斌、范光华的支持和帮助,作者表示感谢。

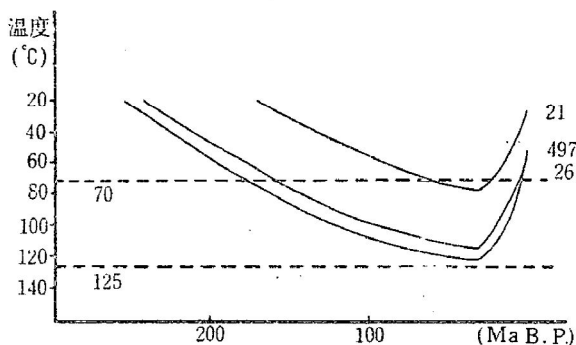


图5 火南1井各样品热史及裂变径迹退火过程

参 考 文 献

- [1] 王庆隆等, 1984, 裂变碎片技术及其在地球化学中的应用, 科学出版社.
[2] Naeser, C.W. et al., 1980, Nucl. Tracks., P. 248—250.
[3] Naeser, C.W. et al., 1981, Nucl. Tracks., P. 65—72.
[4] Gleadow, A.J.W. et al., 1983, APEA J., P. 414—429.
[5] Gleadow, A.J.W. et al., 1984, Petroleum Exploration Society of Australia, P. 35—385.

STUDY OF THERMAL HISTORY OF SOURCE BEDS IN JUNGGAR BASIN BY APATITE FISSION-TRACK

Pan Changchun Zhou Zhongyi

(*Institute of Geochemistry, Academia Sinica*)

Wang Qinglong

(*Institute of Geology, State Bureau of Seismology*)

Abstract

The authors studied the thermal history of the main source beds of Aican-1 and Huonan-1 Wells in Junggar Basin by apatite fission-track. It is suggested that the source beds of Aican-1 Well underwent the history of temperature-increase in the early stage and temperature-decrease in the late stage (150 Ma. ago), and that the source beds of Huonan-1 Well uplifted in recent 31 Ma.

吸附丝找油气法通过鉴定

由地矿部华东石油地质局地质研究大队和浙江大学分析测试中心联合攻关研制成一种勘探成本低、施工周期短、经济效益好的石油化探方法——吸附丝找油气法,最近在扬州市通过局级成果评审。

吸附丝找油气法,是通过在地下放置外敷涂层的金属丝,吸附土壤中的烃类气体,加温解吸进入色、质谱仪,借助色、质谱图识别烃类化合物的种类(C_5-C_{16}),根据其相对或绝对含量的分布特征,确定地下是否有油气富集。14位专家组成的华东石油地质局评委会一致认为,该方法开拓了我国石油化探的新领域,填补了 C_5-C_{16} 分析的空白,显示我国石油化探的分析技术在现代化的道路上又获得了突破性的进展。

(黄富安)