

胜利油区东营凹陷热史分析 ——磷灰石裂变径迹证据

郭随平 施小斌 王良书

(南京大学地球科学系, 210008)

王捷 周光甲

(胜利石油管理局地质科学研究所, 山东东营 257001)

磷灰石裂变径迹表明, 东营凹陷形成后经历了一个持续的冷却热历史, 在 50~60 Ma、20~30 Ma 之间经历了比较明显的冷却过程, 其中 20~30 Ma 之间的冷却是由东营组末期凹陷遭受抬升剥蚀所引起的, 估算抬升剥蚀厚度为 200 余米。凹陷的磷灰石裂变径迹退火带深度范围为 2 000~3 400 m, 与生油窗的深度有着很好的一致性; 凹陷近期的快速埋藏增温使得退火带具有较高的温度范围。

关键词 磷灰石 裂变径迹 东营凹陷 热历史

第一作者简介 郭随平 男 31岁 讲师 构造地质

1 取样及测试结果

胜利油区东营凹陷四口钻井 12 块磷灰石裂变径迹样品的测试结果如表 1 所示, 径迹年龄计算用王世成、康铁笙^[1]介绍的方法。

表 1 取样及测试结果

样品号	层位	井位	井深/m	颗粒数	T/Ma	$L/\mu\text{m}$	$N/\text{条}$
01	Nm	A	876.0	7	24.8 ± 3.6	10.61 ± 2.62	92
02	Ng	A	1 301.5	11	55.97 ± 1.18	11.12 ± 2.49	130
03	Ng	A	1 317.0	3	18.91 ± 0.05	9.38 ± 3.09	35
04	Ed	A	1 447.5	22	53.5 ± 6.2	11.29 ± 2.21	126
05	Ed	A	1 508.1	17	52.38 ± 2.05	11.26 ± 2.20	44
06	Es ₁	B	1 914.5	15	36.5 ± 6.1	11.50 ± 1.78	135
07	Es ₁	B	1 955.0	6	19.83 ± 1.5	11.21 ± 2.63	118
08	Es ₂	B	2 196.8	16	48.53 ± 1.43	10.70 ± 2.31	100
09	Es ₃ 上	A	2 159.0	23	29.8 ± 2.4	10.34 ± 2.67	169
10	Es ₃ 上	C	2 228.9	18	40.87 ± 1.45	9.87 ± 2.04	100
11	Es ₃ 中	D	2 936.4	12	29.48 ± 3.69	7.39 ± 2.44	13
12	Es ₃ 下	D	3 344.4	19	3.07 ± 0.79	5.01 ± 2.23	47

注: T 为径迹年龄, L 为封闭径迹平均长度, N 为封闭径迹条数。

2 结果分析

上述四口取样井都位于东营凹陷中部,其受热历史相似,为了研究方便,故将样品的测试结果按沉积时间归一化到同一井上^[2]。

2.1 径迹年龄及其与深度的关系

从表 1 可知, 除 01, 03, 07 号样的年龄值偏小外 (受颗粒数所限, 可能未能反映真实情况), 其它样品的年龄值呈规律性变化。在埋深小于 2 000 m 的区间, 径迹年龄相对稳定在 50~60 Ma 之间 (图 1), 不随深度变化, 说明在这个深度径迹没有发生退火, 大于 2 000 m, 径迹年龄逐渐变小, 表明退火作用发生并逐步加强。将年龄值外推至零的深度约为 3 400 m, 故东营凹陷磷灰石裂变径迹退火带的深度范围为 2 000~3 400 m, 与东营凹陷的 2 200~3 800 m^[3,4] 的生油窗深度范围有着很好的一致性。

2.2 单颗粒年龄分布

图 2 显示, 02, 04, 05, 09 号样品的年龄

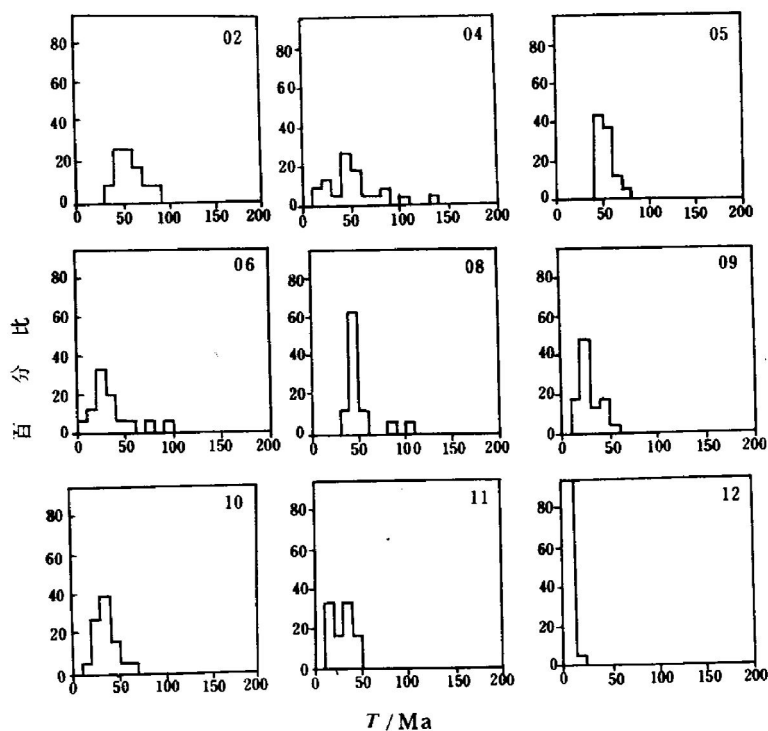


图 2 单颗粒年龄分布

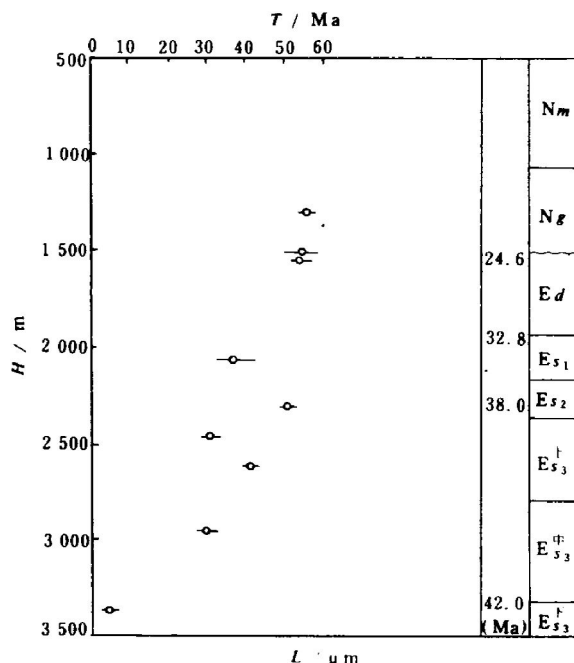


图 1 径迹年龄和深度间的关系 (线长为 2σ)

分布在 50 Ma 左右都有一峰值,说明样品在 50 Ma 左右经历了一次冷却过程。同时, 04, 06, 09, 10 号样品的年龄分布在 20~30 Ma 间也都存在一个峰值,说明样品在 20~30 Ma 间也经历了一个冷却过程。04, 06, 08 号样品中一些径迹的年龄达到或超过了 100 Ma, 个别达 130~140 Ma, 说明样品中的磷灰石颗粒可能为白垩纪晚(末)期的产物, 即盆地形成初期的产物。12 号样品绝大部分 (>95%) 径迹年龄小于 10 Ma, 说明样品已近于完全退火。

2.3 封闭径迹平均长度随深度的变化

从图 3 可以看出,深度小于 2 000 m 的区间径迹长度相对稳定

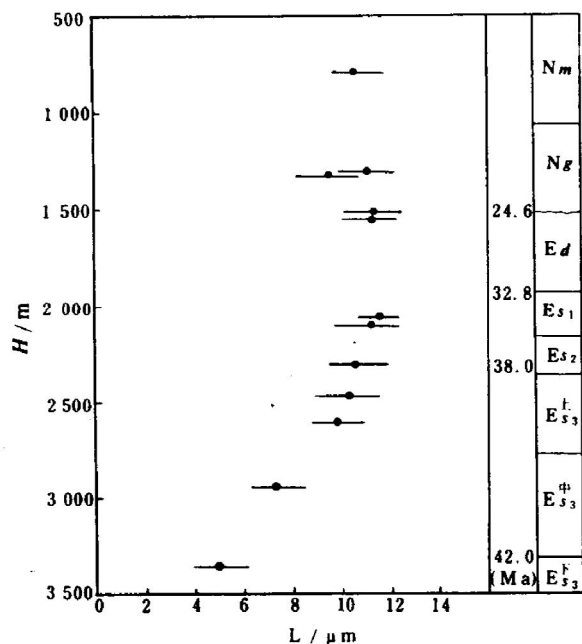


图3 封闭径迹平均长度和深度的关系

过程; 02, 05号样品表示在物源区已经历了高达110℃的退火作用。

06至12号样品在现今位置上发生了退火, 它们的长度分布反映了样品埋藏后所经受的热历史。其中06至08号样为混和型, 尤以08号样最为典型^[5], 说明样品在埋藏后经历了一次冷却过程。根据样品埋藏时间和单颗粒年龄分布的分析, 可以确定这个冷却过程发生在20~30 Ma之间。凹陷在东营(E_d)末期经历了一次抬升剥蚀, 引起盆地内不同沉积位置的温度下降, 从而影响到样品磷灰石裂变径迹的长度分布, 上述冷却过程温度的下降幅度约为10℃。东营组抬升剥蚀期间凹陷的地温梯度为3.9~4.1℃/100 m, 推算东营组的抬升剥蚀厚度约为200多米。09至12号样品的长度分布中, 短径迹的比例逐渐增加, 表明随着埋深的增加, 退火作用逐渐加强。12号样品仅有不足5%的径迹长度大于10 μm, 说明样品已近于完全退火。

在11 μm左右, 说明在这个深度样品没有发生退火; 大于2 000 m径迹长度逐渐缩短, 说明退火作用发生并逐渐加强。新形成径迹(未发生退火)的长度一般为16 μm左右^[3], 但埋深小于2 000 m的径迹平均长度仅为11 μm, 说明样品在埋藏前已经发生了一定程度的退火。

2.4 封闭径迹长度分布

裂变径迹是以恒定速率不断产生的, 因此不同的径迹长度是样品总热历史的不同反映, 而所有径迹的长度分布则反映了样品所经历的整个热历史。

图4封闭径迹长度分布表明, 01至05号样品的长度分布, 反映了样品在物源区所经历的热历史。其中01, 04号样品经受了一个持续的冷却过程, 冷却温度分别为>110℃、100℃和90℃; 03号样品为双峰型, 经历了两次冷却

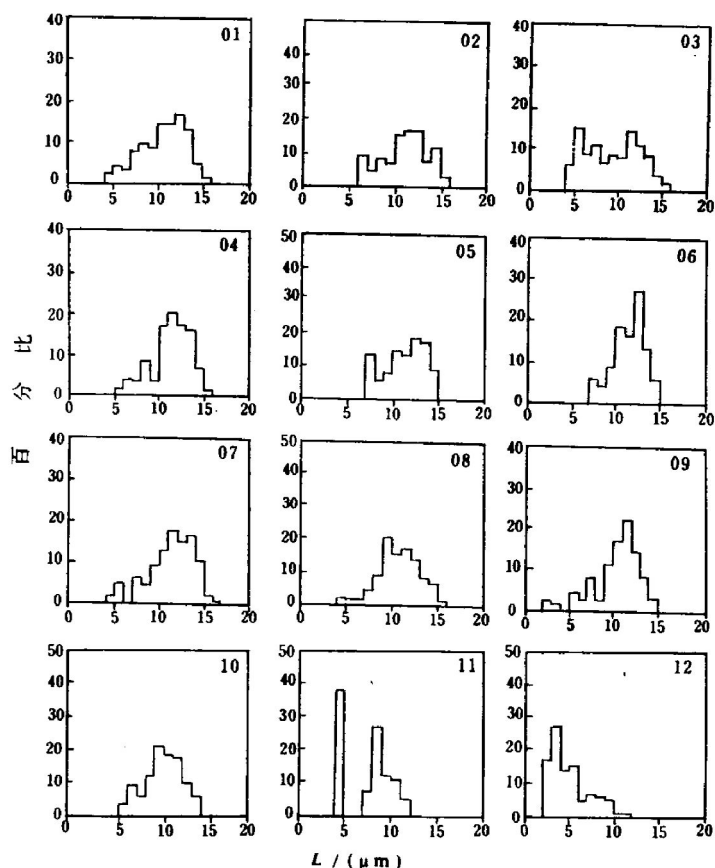


图4 封闭径迹长度分布

3 退火带温度范围的讨论

东营凹陷磷灰石裂变径迹退火带深度范围为 2 000~3 400 m, 凹陷现今地温梯度为 3.6℃/100 m, 地表平均温度为 14℃, 则退火带温度范围为 86~136℃。与我国其它地区相比(表 2), 东营凹陷磷灰石裂变径迹退火带有着较高的温度范围, 特别是下限温度。埋藏史分析表明*, 东营凹陷第三纪以来的平均沉积速率超过了 100 m/Ma, 如此高的沉积速率必定会引起很强的埋藏增温作用, 使得同一沉积位置在短时间内温度上升很快, 而裂变径迹在地质条件下的退火需要一个过程, 当径迹退火的速率跟不上温度升高的速率时, 径迹的退火带就会具有较高的温度范围, 即出现径迹退火滞后的现象。

表 2 不同地区磷灰石裂变径迹退火带范围

地区	退 火 带		现今地温梯度 ℃/100 m
	深度范围/m	温度范围/℃	
准噶尔盆地 ^[6]	3 000~5 160	65~110	2.08
塔里木盆地 ^[7]	3 080~5 500	75~125	2.07
黄骅坳陷 ^[8]	2 100~4 000	79~138	3.1
东营凹陷	2 000~3400	86~136	3.6

4 结论

(1) 东营凹陷形成后, 经历了一个持续的冷却热历史; 同时, 在 50~60 Ma 及 20~30 Ma 间凹陷经历了两次比较明显的冷却过程。

(2) 20~30 Ma 间的冷却是由东营组末期凹陷遭受抬升剥蚀引起的, 降温幅度约为 10℃, 估计抬升剥蚀厚度为 200 多米。

(3) 东营凹陷磷灰石裂变径迹退火带深度范围为 2 000~3 400 m, 与生油窗深度范围有着很好的一致性。凹陷近期的快速埋藏增温作用, 使得径迹退火带具有较高的温度范围。

感谢中国科学院高能物理研究所核技术应用部王世成、康铁笙研究员对样品所做的测试工作。

参 考 文 献

- 1 王世成, 康铁笙. 裂变径迹定年标准化的研究. 地质科学, 1994, 29 (1): 78~83
- 2 Green P F, Duddy I R, Gleadow A J W, et al. 磷灰石裂变径迹——烃类勘探的古地温指标. 石油与天然气地质, 1990, 11 (1): 156~177
- 3 Gleadow A J W, Duddy I R, Lovering J F. Fission track analysis; a new tool for the evaluation of thermal histories and hydrocarbon potential. Australian Petroleum Exploration Association Journal, 1983, 23: 93~102
- 4 房敬彤. 中国东部中生代断块区油气的生成. 石油勘探与开发, 1988, 15 (5): 24~30
- 5 Gleadow A J W, Duddy I R, Green P F, et al. Confined fission track lengths in apatite a diagnostic tool for thermal history analysis Mineralogy and Petrology, 1986, 94: 405~415
- 6 潘长春, 周中毅, 王庆隆. 利用磷灰石裂变径迹研究准噶尔盆地生油层热史. 石油与天然气地质, 1989, 10(1): 35~39
- 7 王庆隆, 万景林, 周中毅. 塔里木盆地轮南一井磷灰石裂变径迹年龄及其热历史. 核技术, 1991, 14 (7): 410~413
- 8 周中毅, 潘长春. 沉积盆地古地温测定方法及其应用. 广州: 广东科技出版社, 1992, 74~77

* 郭随平. 胜利油区东营凹陷热演化史及其与油生成的关系. 南京大学地球科学系博士论文, 1994

THERMAL HISTORY ANALYSIS OF DONGYING DEPRESSION, SHENGLI OIL REGION: EVIDENCE OF APATITE FISSION TRACK

Guo Suiping Shi Xiaobin Wang Liangshu

(Department of Earth Sciences, Nanjing University)

Wang Jie Zhou Guangjia

(Institute of Geological Sciences, Shengli Petroleum Administration)

Abstract

The analysis of apatite fission tracks of 12 samples collected in Dongying Depression indicates that the depression experienced a continuous cooling thermal history after its formation. Two distinct cooling processes took place during 50~60 Ma and 20~30 Ma respectively, and the cooling during 20~30Ma was resulted from the uplift and erosion of the depression in the end of Dongying Formation, and the estimated thickness of the uplift and erosion amounts to more than 200 m. The depth of apatite fission tracks annealing zone ranges from 2 000 m to 3 400 m, which is well consistent with the depth of oil generation window. At the same time, the rapid increase of recent temperature due to burial depth led to the high temperature range of the annealing zone.