

文章编号:1672-9854(2009)-01-0061-04

# 黔中隆起金沙地区中生代隆升剥蚀的 裂变径迹分析

罗开平, 刘光祥, 王津义

(中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所)



罗开平

**摘要** 对贵州金沙地区取样进行了裂变径迹热史模拟, 结合地质分析再现了黔中隆起的沉降和隆升剥蚀作用过程。该地区经历了 180~70 Ma 时期的沉降埋藏增温和 70 Ma 之后的剥蚀冷却降温两大阶段。沉降阶段的增温速率为 0.909°C/Ma, 对应的 T<sub>3</sub>-K 的沉积厚度约为 4550 m。冷却降温曲线分为三段: 70~15 Ma, 样品温度从 120°C 降低到 60°C, 冷却速率为 1.09°C/Ma; 15~5 Ma 为一个“平台”期, 样品温度维持在 60°C 左右; 5 Ma 至今, 样品温度从 60°C 快速冷却至 20°C, 冷却速率达 8°C/Ma, 这与喜马拉雅期云贵高原的整体隆升和晚期快速崛起相对应。计算表明, 晚白垩世以来的隆升剥蚀量达 2800 m 左右。

**关键词** 构造演化; 裂变径迹; 热演化史模拟; 中生代; 新生代; 黔中隆起

**中图分类号**: TE125.1 **文献标识码**: A

**罗开平** 1964生, 博士, 高级工程师。1984年毕业于武汉地质学院石油地质专业; 2005年获成都理工大学博士学位。主要从事石油地质综合研究。发表了《含油气系统理论在中国盆地研究中的应用与发展》、《中国南方海相油气勘探中的烃源条件分析》等多篇论文。通讯地址: 214151 江苏省无锡市惠钱路210号; 电话: (0510)83206780

## 1 地质背景

“黔中隆起”最早由尹赞勋先生提出, 是指贵州遵义一带奥陶纪至志留纪的一个东西向隆起<sup>[1]</sup>。目前广为接受的“黔中隆起”是指位于贵州中西部, 主要呈东西向展布于大方、黔西、织金、修文、开阳一带, 四周被滇黔北部拗陷、黔南拗陷、武陵拗陷以及滇东隆起等所围限的加里东期古隆起<sup>[2-3]</sup> (图1)。在黔中隆起及周缘广泛出露震旦系、寒武系、奥陶系及志留系。

黔中隆起及周缘地区主要发育上震旦统灯影组、寒武系、奥陶系、二叠系、三叠系, 侏罗系(白垩系)分布局限, 形成了二叠系—三叠系(中、下统)(上组合)和震旦系—志留系(下组合)两套地层组合, 其中下组合具备的先天成油气地质条件和现今分布的规模巨大的古油藏昭示了其良好的油气资源潜力<sup>[4]</sup>。黔中隆起形成演化的研究已成为近几年

石油地质界的热点问题。

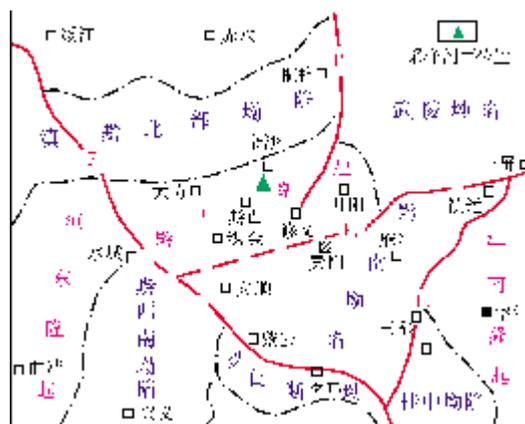


图1 黔中隆起及周缘地区构造单元图(据文献[2]修改)  
F<sub>1</sub> 湄潭—紫云—都安断裂; F<sub>2</sub> 遵义断裂;  
F<sub>3</sub> 贵阳—镇远断裂; F<sub>4</sub> 三都断裂

收稿日期:2008-06-13

最新的研究成果表明,黔中隆起的形成和演化经历了震旦纪—奥陶纪水下隆起和之后的陆上隆起两大阶段<sup>[2]</sup>,其成生发展与区域构造演化和区域构造运动密切相关。从地史发展阶段的整体来看,“黔中隆起”是一个复合的构造形态,在不同时期分别依附于不同的高一级构造而存在,倾向多次变化,具有“跷跷板”支撑点的作用。纵向上明显分为两个构造层,下部是由下古生界所组成、近东西向展布、以黔中背斜为主体的背斜隆起构造;上部中—新生界构造层,以褶皱和断裂为主,呈北东向展布,叠加在下构造层之上。

黔中隆起地区油气勘探面临的“三大壁垒”之一是油气的保存条件欠缺,作为长期发展的古隆起,长期多次抬升,直至古近纪仍处于严重的剥蚀阶段<sup>[5]</sup>。因此,油气保存条件分析和有效油气保存单元的确认是黔中隆起地区油气资源远景评价和勘探选区的重要环节。而断裂、褶皱及构造隆升等与剥蚀相关的构造作用,特别是中—新生代的构造隆升是影响油气保存条件的最重要因素。

裂变径迹的热史模拟技术提供了分析构造隆升问题的有效与可靠途径。本文通过对贵州金沙地区的取样进行裂变径迹热史模拟,结合地质分析再现了研究区的沉降和隆升剥蚀作用过程。

## 2 样品采集与分析

为了揭示黔中隆起地区中生代以来的沉积和构造隆升过程,选择了贵州金沙附近三叠系—侏罗系的地层出露点,通过详细观察,建立了中生代地层剖面(剖面位置见图1),采集了上三叠统和中侏罗统的裂变径迹分析样品各一块,样品点的位置用便携式GPS定位。

裂变径迹测年实验在中国科学院高能物理所实验室进行,由袁万明等完成。样品经碎样、过筛(一般为60~80目),将采用不同比重液和Frantz磁选仪选出的磷灰石颗粒以环氧树脂固化后,用低铀含量白云母作外探测样品进行裂变径迹分析。

实验条件 磷灰石自发裂变径迹蚀刻条件为7% HNO<sub>3</sub>,室温25℃,30s;白云母诱发裂变蚀刻条件为40% HF,室温25℃,20s。中子注量利用CN5铀玻璃标定<sup>[6]</sup>。选择平行c轴的柱面测出自发径迹和诱发径迹密度,水平封闭径迹长度<sup>[7]</sup>按照Green<sup>[8]</sup>建议

的程序测定。根据IUGS推荐的 $\xi$ 常数法和标准裂变径迹年龄方程<sup>[9]</sup>计算年龄值。

样品的磷灰石裂变径迹分析数据如表1。

表1 贵州金沙地区中侏罗统下沙溪庙组(J<sub>2x</sub>)砂岩磷灰石裂变径迹分析数据

采样地点	东经 106°19.190', 北纬 27°28.394'
层位	下沙溪庙组
颗粒数(N) (颗)	27
标定	U玻璃 CN5
自发径迹数(N <sub>s</sub> ) (条)	698
诱发径迹数(N <sub>i</sub> ) (条)	2264
N <sub>s</sub> /N <sub>i</sub>	0.3083
自发径迹密度( $\rho_s$ ) (条/cm <sup>2</sup> )	2.841×10 <sup>5</sup>
诱发径迹密度( $\rho_i$ ) (条/cm <sup>2</sup> )	9.216×10 <sup>5</sup>
$\rho_s/\rho_i$	0.3083
U玻璃径迹数(N <sub>d</sub> ) (条)	10322
U玻璃径迹密度( $\rho_d$ ) (条/cm <sup>2</sup> )	8.018×10 <sup>5</sup>
P(X <sup>2</sup> ) (%)	60.7
平均年龄 (Ma)	47±3
合并年龄 (Ma)	47±3

\* P(X<sup>2</sup>)是自由度为(N-1)峰值的几率,N为测试颗粒数。

## 3 裂变径迹热史模拟与埋藏—剥蚀过程分析

研究中使用了AFTSolve(1.3.0版)热史模拟软件,选用其中的Laslett退火模型,输入FT(裂变径迹,下同)颗粒年龄和径迹长度,设定T-t曲线模拟数目(20000条)和模拟搜寻法则(Monte-Carlo法)及地表温度(18℃)等参数后,程序通过阶梯式近似法生成T-t热史模拟曲线的包迹,分为“可以接受的”(如图2a中的绿色区域)、“好的”(如图2a中的红色区域)与“最佳的”(图2a中的黑色曲线)路径;同时给出AFT颗粒年龄与径迹长度的模拟值以及K-S与GOF检验值,K-S检验值表示径迹长度模拟值与观测值的吻合程度,GOF检验值表示径迹年龄模拟值与观测值的吻合程度。当K-S与GOF检验值都大于0.05时,表示模拟热史“可以接受”;当检验值超过0.5时,表示模拟结果是

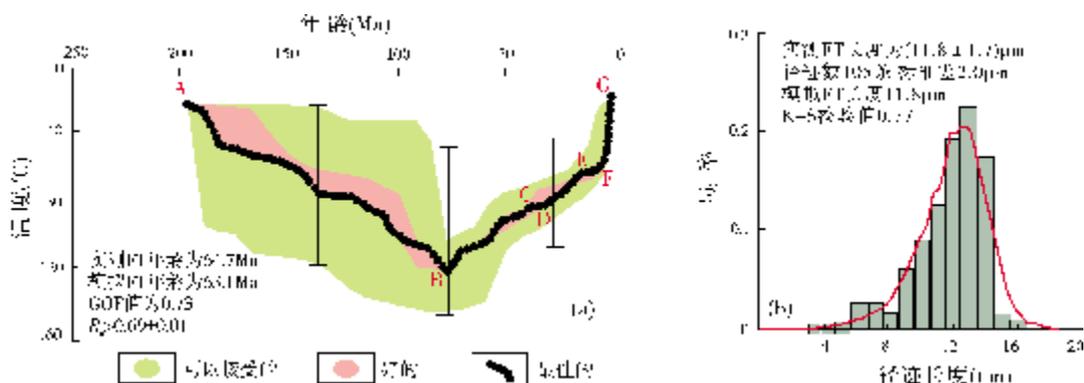


图2 黔中隆起金沙—岩孔地区中侏罗统下沙溪庙组样品 AFT 热史模拟曲线  
(a)磷灰石裂变径迹模拟热史曲线;(b)裂变径迹分布与拟合度

“高质量的”。热史模拟所得到 T-t 曲线反映了样品在地质时期中的温度变化,如果不考虑异常热源的影响,样品的温度仅仅取决于地温背景和埋藏深度,在获取地温梯度的情况下,热史模拟 T-t 曲线可以提供样品所经历的沉积埋藏和隆升剥蚀(量)的信息<sup>[10]</sup>。

图2所示,K-S和GOF检验值分别为0.77和0.73,表明裂变径迹的热史模拟是高质量的。从模拟曲线上看,样品经历了距今180~70 Ma(图2a中的A—B段)沉降埋藏增温和70 Ma之后(B—G段)剥蚀冷却降温的两大阶段。沉降阶段的增温速率为 $0.909\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$ ,它是T<sub>3</sub>—K陆内河湖拗陷沉降—沉积的热响应,以 $2.2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 的地温梯度计算<sup>[11]</sup>,T<sub>3</sub>—K的沉积厚度约为4550 m。

70 Ma之后,样品的冷却降温曲线(图2a)可以明显地分为以下三段:

70~15 Ma(B—E段) 样品温度从120 °C降低到60 °C,冷却速率为 $1.09\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$ ;

15~5 Ma(E—F段) 为一个“平台”期,样品温度维持在60 °C左右;

5 Ma至今(F—G段) 样品温度从60 °C快速冷却至20 °C,冷却速率为 $8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Ma}$ 。

古近纪以来这种持续的冷却,特别是5 Ma以来的快速冷却,代表了喜马拉雅期云贵高原的整体隆升和晚期的快速崛起。如果以现今贵州金沙地区三叠纪—侏罗纪地层 $3.52\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 的地温梯度计算<sup>[11]</sup>,70~15 Ma样品点的隆升幅度(剥蚀量)为1700 m,5 Ma至今的隆升幅度(剥蚀量)为1100 m,

70 Ma(晚白垩纪)以来,隆升幅度累计达2800 m。据此推断,三叠纪—侏罗纪地层的残余厚度应为1750 m左右,这与笔者在该区实测的T<sub>3</sub>—J地层现今的残留厚度2010 m大致接近。同时注意到,在热史模拟曲线上存在40~35 Ma和15~10 Ma两个时间段的温度“平台”(图2a C—D段和E—F段),它可能对应于黔西和金沙地区现今多级(3~5级)的夷平面和阶地地貌特征。

## 4 结论与认识

黔中隆起金沙—岩孔地区晚中生代以来经历了T<sub>3</sub>—K的拗陷沉降和白垩纪末期以后的持续隆升剥蚀两个构造发展演化阶段,T<sub>3</sub>—K的原始沉积厚度可达4550 m,后期剥蚀量达到2800 m,现今T<sub>3</sub>—J地层残留厚度1750 m,白垩系已剥蚀殆尽。这一研究结果为油气保存条件动态分析研究提供了新资料和新途径,将有助于该地区古生界“下组合”资源综合评价研究的进一步深化。

### 参考文献

- [1] 尹赞勋. 中国西部志留纪之分类与对比[J]. 中国地质学会志, 1949, (29): 1-62.
- [2] 牛新生, 冯常茂, 刘进. 黔中隆起的形成时间及形成机制探讨[J]. 海相油气地质, 2007, 12(2): 46-50.
- [3] 周明辉. 论“黔中隆起”的形成与演化[J]. 南方油气, 2005, 18(2): 6-9.
- [4] 田海芹, 郭彤楼, 胡东风, 等. 黔中隆起及周缘地区海相下组合与油气勘探前景[J]. 古地理学报, 2006, 8(4): 509-518.
- [5] 支家生. 黔中隆起的油气勘探壁垒[J]. 海相油气地质,

- 2006, 11(3): 15-18.
- [6] Bellemans F, De Corte F, Van Den Haute P. Composition of SRM and CN U-doped glasses; significance for their use as thermal neutron fluence monitors in fission track dating [J]. *Radiation Measurements*, 1994, 24(2): 153-160.
- [7] Gleadow A J W, Duddy I R, Lovering J F, et al. Confined fission track lengths in apatite: A diagnostic tool for thermal history analysis[J]. *Contrib Mineral Petrol*, 1986, 94:405-415.
- [8] Green P F. On the thermo-tectonic evolution of northern England : evidence from fission track analysis. *Geology*, 1986, (5): 493-506.
- [9] Hurford A J, Green P F. A user' guide to fission - track dating calibration, *Earth Planet[J]. Sci Lett*, 1982, 59:343-354.
- [10] 许长海, 周祖翼, Van Den Haute P, 等. 合肥盆地构造演化的磷灰石裂变径迹分析[J]. *石油学报*, 2006, 27(6): 5-13.
- [11] 武尉文. 贵州地温初步研究[J], *贵州石油地质*, 1981, 13(1): 61-72.

编辑: 吴厚松

## Fission Track Analysis of Meso-Cenozoic Uplift and Denudation in Jinsha Area, the Qianzhong Uplift

Luo Kaiping, Liu Guangxiang, Wang Jinyi

**Abstract:** A thermal history was modeled by fission track dating in Jinsha area of Guizhou Province. Combined with geologic analysis, the subsidence, uplift and denudation processes of the Qianzhong Uplift are restored. This uplift has experienced 2 stages of processes: a) subsidence, burial and temperature rise from 180Ma to 70 Ma; b) denudation and temperature decrease from 70 Ma till now. During the subsidence stage, the rate of temperature increase was 0.909°C/Ma and the corresponding sedimentary thickness of T<sub>3</sub>-K was about 4550m. during the denudation and temperature decrease, the curves of temperature decrease show three parts: a) from 70 to 15 Ma, sample temperature decreases from 120 to 60 °C by the rate of 1.09 °C/Ma; b) from 15 to 5 Ma, it has a smooth stage and sample temperature keeps at 60 °C; c) from 5 Ma till now, sample temperature decreases quickly from 60 to 20 °C by 8 °C/Ma, which corresponds to Himalayan uplifts of the Yunnan and Guizhou Plateau. Calculation shows that the thickness of uplift and denudation has been about 2800m since Late Cretaceous period.

**Key words:** Mesozoic; Cenozoic; Tectonic evolution; Fission track Dating; Thermal history modeling; Qianzhong Uplift

**Luo Kaiping:** male, Dr., Senior Geologist. Add: Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, 210 Huiqian Rd., Wuxi, Jiangsu, 214151 China