

准噶尔盆地的地温特征及其找油意义

周中毅 潘长春 范善发 韩 林

(中国科学院地球化学研究所)

摘 要 新疆含油气盆地的主要生油层是古生界, 研究盆地的古地温显得尤为重要。

为进一步研究盆地的热史, 引进了裂变径迹法, 即磷灰石裂变径迹退火带上一下限温度为 $70 \sim 125^{\circ}\text{C}$, 同石油主要形成于 $60 \sim 140^{\circ}\text{C}$ 之间相接近。此方法还可解决沉积盆地热历史及某些基础地质问题。裂变径迹年龄代表抬升剥蚀以后的地质年龄, 可推断抬升剥蚀作用发生的时间。提出了用包裹体温度认识地热过程。

准噶尔盆地地温演化可分为三个主要阶段: 地槽期(石炭纪时期)古地温梯度 $8 \sim 5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$; 山前拗陷期(二叠—三叠纪末)古地温梯度 $5 \sim 3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$; 地台期(侏罗—早第三纪)古地温梯度 $3 \sim 2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。盆地中几个主要凹陷内石炭、二叠系生油岩在二叠、三叠纪时就进入了生油高峰期, 因之应特别重视寻找古生新储的油气藏。

石油成因研究及勘探实践已经证明, 地温是控制油气生成和聚集的重要因素。有关地温的研究成果已成为寻找工业油气藏的重要依据。新疆油气盆地的主要生油层是古生界, 研究盆地的古地温显得尤为重要。

一、镜质体反射率恢复古地温

我们已对准噶尔盆地古地温做了多年的研究, 测定了大量镜质体反射率数据, 以确定油气源层热演化程度。在此基础上采用A. Hood方法恢复该盆地古地温, 同时进行TTI计算, 建立“古地温地质模式”以追索油气形成演化历史。1986年后, 我们采用了古地温“拟合计算”的方法, 依据镜质体反射率拟合计算及相应的TTI计算编成计算机程序, 以适应大盆地的古地温及TTI计算。

玛湖凹陷艾参1井古地温 古地温拟合计算表明, 在盆地形成演化早期古地温梯度较高, 随后, 古地温梯度逐渐降低。在晚二叠世古地温梯度为 $5.2 \sim 4.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 三叠纪为 $1.5 \sim 4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 侏罗纪为 $4 \sim 3.2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 白垩纪为 $3.2 \sim 2.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 新生代为 $2.3 \sim 2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (图1)。油气源层古地温曾经历早期增温过程, 而后期则转化为降温过程。“TTI”计算表明, 该井二叠纪地层(埋深5700m)在早三叠纪开始生油, 在三叠纪晚期进入生油高峰, 早侏罗纪生油结束进入大规模生气阶段。由于该井并非位于玛湖凹陷中心部位, 在凹陷中心部位二叠系乌尔禾组地层厚约3000m, 而该井

乌尔禾组仅厚2000m, 所以中心部位油气形成过程更早。可以认为三叠纪是该凹陷主要生油期, 而在侏罗纪则开始大规模生气。如果存在比乌尔禾组更老的气源层, 则其生气过程自然还要早。

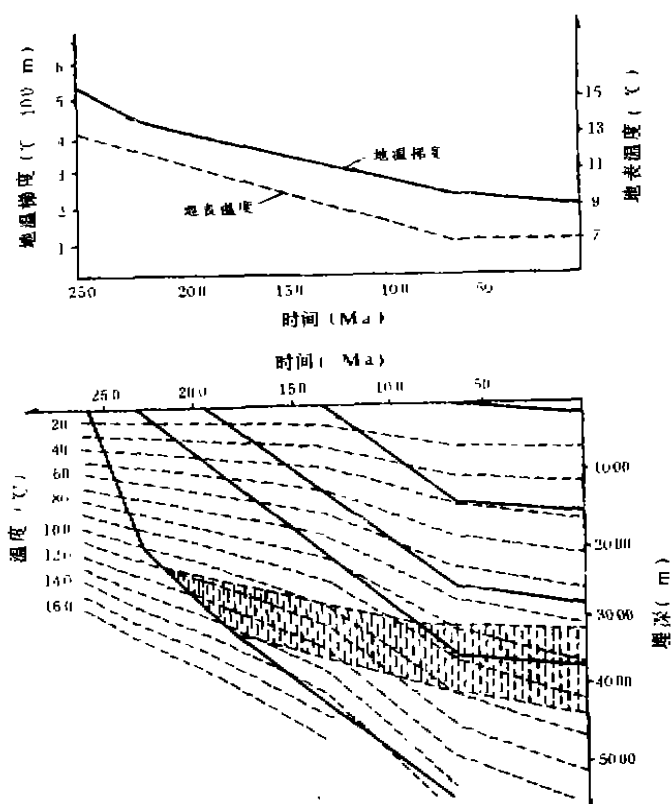


图1 艾参1井古地温地质模式图
(直线阴影区为生油窗)

陆3井古地温及其热历史 陆3井位于陆梁隆起的西部。该井古地温梯度在早期(P、T、J)比艾参1井低, 而在晚期(K、E、Q)则高于艾参1井。该井古地温梯度也是随地质演化而逐渐降低的。“TTI”计算表明, 该井乌尔禾组地层底部(5080m)在侏罗纪才开始生油, 白垩纪处于生油高峰期, 第三纪生油才结束进入生气阶段(图2)。

东部彩参1井古地温 准噶尔盆地东部拗陷构造活动比较强烈, 活动历史比较长, 在三叠纪及第三纪分别发生过抬升剥蚀。古地温拟合计算表明, 东部拗陷的古地温梯度高于盆地其他拗陷, 现地温梯度为 $2.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 也高于其他拗陷。石炭纪古地温梯度为 $7.5 \sim 7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 二叠纪为 $7 \sim 5.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 三叠纪及侏罗纪为 $5.3 \sim 4.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 白垩纪及新生代为 $4.3 \sim 2.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。“TTI”计算表明, 除了彩参1井石炭系滴水泉组热演化程度较高外, 二叠系平地泉组以上地层热演化程度并不高(图3), 仍处于大量生油阶段。

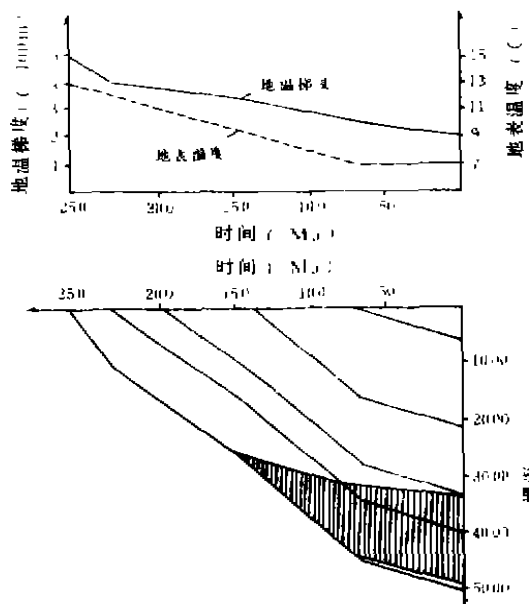


图 2 陆 3 井古地温地质模式图
(直线阴影区为生油窗)

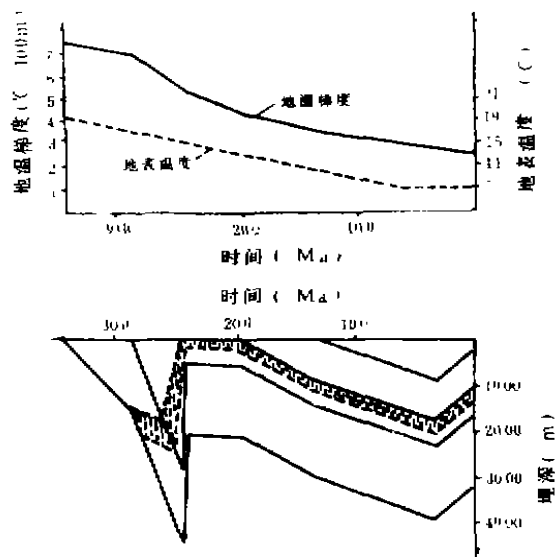


图 3 彩参 1 井古地温地质模式图
(直线阴影区为生油窗)

二、裂变径迹法研究热历史

为了进一步研究盆地的热历史，引进了一个新方法——裂变径迹法。一般情况下，磷灰石裂变径迹退火带上限地温为 70℃，下限地温为 125℃。石油主要形成于 60~140℃ 之间，这与磷灰石退火带的地温很接近。图 4 是 Gleadow (1983) 研究澳大利亚奥特威盆地之后归纳出的烃类形成与磷灰石裂变径迹退火带的关系。

准噶尔盆地艾参 1 井磷灰石裂变径迹年龄及退火规律的研究结果列于表 1 及图 5。

从表 1 及图 5 可以看到径迹在样品 16 以下完全退火 (5160m 处)，其径迹年龄为零。样品 16 现地温为 110℃，即艾参 1 井现在的退火下限为 110℃。根据径迹年龄可以推测退火带上限在样品 320 与样品 5 之间，即深度 3000m 左右，裂变径迹退火带的温度与澳大利亚奥特威盆地 E—1 井相似，而与 F—1 井相差甚大。据 Gleadow 的意见，F—1 井沉积物的地温从它沉积以来一直在增加。

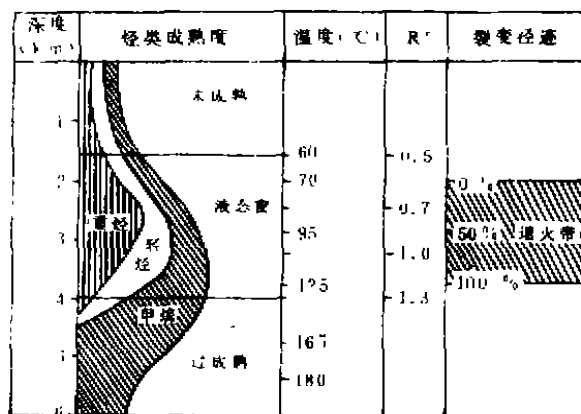


图 4 磷灰石裂变径迹退火带、地温、烃类成熟作用的相互关系
(据 Gleadow, 1983)

表1 准噶尔盆地艾参1井、火南1井磷灰石裂变径迹年龄

井号	样号	井深 (m)	$P_s 10^6 \text{cm}^{-2}$	$P 10^6 \text{cm}^{-2}$	$\Phi 10^{15} \text{cm}^{-2}$	$t_{\text{age}}^{\text{Ma}}$
艾参1井	320	2460	1.418 (234/6)*	4.05 (377/5)	13.87	280
	5	3662	0.234 (87/6)	0.122 (32/5)	1.425	159
	7	4024	0.175 (151/23)	0.129 (18/4)	1.425	113
	231	4775	0.197 (25/3)	1.65 (14/1)	9.26	35.0
	13	4858	0.0342 (90/71)	0.119 (505/69)	1.425	24.1
	16	5163	0 (0/80)	0.114 (75/16)	1.425	0
	17	5268	0 (0/60)	0.227 (934/70)	1.425	0
火南1井	21	740	0.208 (22/3)	0.0824 (72/21)	1.425	208
	497	1800	0.158 (20/4)	1.03 (96/2)	13.87	124
	26		0.110 (78/9)	0.294 (239/15)	1.425	31.4

注: * 234/6 分别为统计的径迹条数 (234) , 及颗粒数 (6) 。

而E—1井由于剥蚀作用有一冷却过程, 现在钻井中的温度不是最高古地温。由此可以认为, 艾参1井如E—1井一样, 经历了降温过程, 目前的地温低于最高古地温。地温降低主要是因大地热流及地温梯度降低引起的, 也不排除由于地层剥蚀导致地温降低的可能性。样品16、样品13最大古地温在125℃以上 (参照F—1井)。可以作这样的推测, 它在连续沉积升温过程中完全退火, 即最大古地温曾达到或高于125℃, 随着地温降低, 到低于110℃时, 重新开始累积裂变径迹。

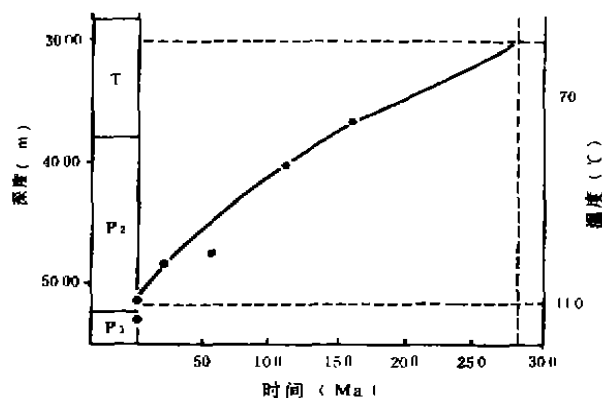


图5 艾参1井磷灰石裂变径迹年龄

艾参1井生油窗与磷灰石裂变径迹退火带的关系如图6所示。

艾参1井生油下限是4400m, 而退火下限

有机质演化	R_o	裂变径迹
未成熟带		
成熟带	0.6	11.5%
过成熟带	1.3	50%
	1.8	100%

图6 艾参1井生油窗与磷灰石裂变径迹退火带关系

为5160m。目前的4400m处很可能是裂变径迹退火带的下限(与F-1井对比), 其最高古地温曾达到或略高于125℃, 该点现地温为96℃, 这也说明该井曾经历过降温过程, 古地温梯度高于今地温梯度。

火南1井裂变径迹年龄研究表明, 现今埋深1900m的二叠纪地层裂变径迹年龄仅31Ma, 表明磷灰石裂变径迹曾经历了强烈的退火作用, 其最高古地温在110℃以上, 该井在距今31Ma左右发生过抬升剥蚀, 剥蚀厚度约1700m(图7)。

笔者认为磷灰石裂变径迹的研究可以解决沉积盆地热历史及许多基础地质问题, 尤其对准噶尔盆地和塔里木盆地, 该方法的应用对其油气勘探具有重要意义。例如, 这

两个盆地某些隆起地区, 在抬升剥蚀之前可能被深埋, 裂变径迹完全退火消失; 在抬升剥蚀之后, 又重新有裂变径迹形成, 累积, 裂变径迹年龄代表抬升剥蚀之后的地质年龄, 可推断抬升剥蚀作用发生的时间。此外, 由于裂变径迹对温度很敏感, 可判断地层周围是否有火成岩体, 并推断火成岩体侵入的时间。

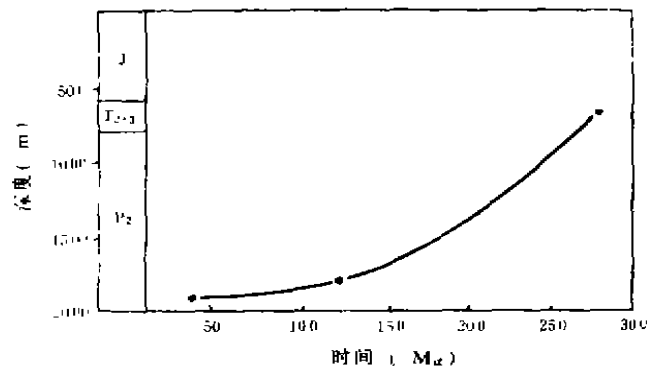


图7 火南1井磷灰石裂变径迹年龄

三、用包裹体温度认识地热过程

准噶尔盆地的生油层除受正常埋深增温之外, 还受火成岩体及深部热液的影响。例如, 彩参1井方解石脉的流体包裹体均一化温度较高, 在130~185℃之间。不同来源的流体形成的包裹体, 代表了不同的地热过程。流体来自地层本身, 代表地层的古地温, 如碳酸盐岩地层内的方解石细脉; 流体来源于深部或与火成岩有关, 其温度应高于地层的古地温; 流体来源于上部地层及地表水, 其温度低于地层的古地温。随着能量的交换,

将逐渐与周围地层一致。因此, 后期形成的这类包裹体的上限温度与地层的古地温比较接近。

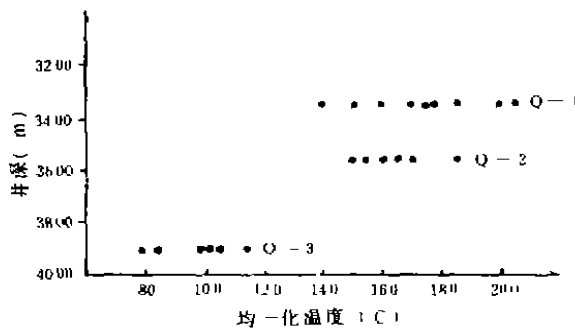


图8 风7井石英脉、方解石脉
流体包裹体均一化温度

克—乌断裂带有着复杂的地热过程。风7井风成城组内已观测到三组包裹体温度(图8)。Q-1组为石英细脉, 流体包裹体中见有石油及气体, 温度为140~205℃; Q-2组为方解石脉, 温度为150~190℃; Q-3组为方解石脉, 温度为80~115℃。这些数据表明, 该井及断裂带的地温变化大。

该井在3150~3460m已测得4个镜

质体反射率, 分别为0.85、0.91、0.92、0.94。根据粘土矿物研究, 该井3700m处的最高古地温为115℃。

从克—乌断裂带形成历史及水文地质背景分析, 在二叠纪、三叠纪时断裂带活动剧烈, 深部热液随着断裂带上升形成了Q—1、Q—2组包裹体。二叠纪时, 整个盆地古地温都比较高, 具有较高的热流值, 形成高温的上升热液细脉。但是, 这只是短暂的地温状态, 随着每一次断裂活动的平息, 上升热液即将停止。由于克—乌断裂带已成为构造及地理高部位, 有利于地表水下渗, 使古地温下降, 可以认为, Q—3组包裹体的温度(低于115℃)代表相对平静时期的古地温。Q—1、Q—2组形成时地温状态是短暂的, 而Q—3组形成的地温状态是长期的。Q—1组石英细脉见有棕色石油包裹体, 说明在断裂活动早期就有石油形成及运移。三叠纪以后, 本区断裂均属同生断裂, 地温不会有很大的提高, 当地温低于115℃时, 石油可稳定地保存至今。

四、地温演化与油气评价

在许多钻井地层剖面地温研究的基础上, 可以把准噶尔盆地地温演化划分为三个主要阶段(图9)。

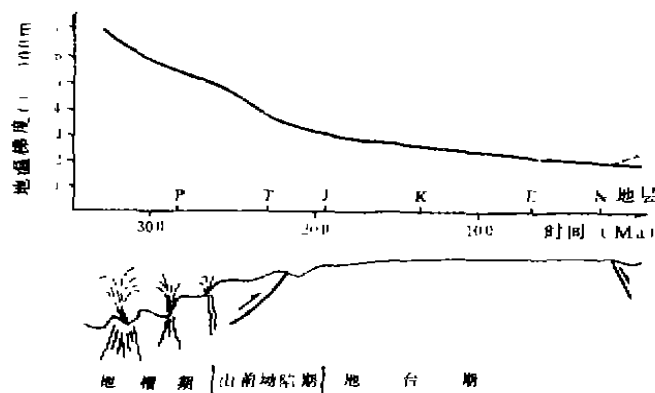


图9 准噶尔盆地古地温(梯度)演化示意图

地槽期 石炭纪时期, 地壳很薄, 洋底扩张, 大量火山岩喷发及火成岩侵入, 地热流很高, 古地温梯度为 $8 \sim 5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

山前拗陷期 二叠纪至三叠纪末, 准噶尔盆地的周边形成了几个大的沉积凹陷及主要的生油层。这时在盆地周边及中央硬块的周边有较大的逆掩断层发生, 地壳活动逐步减弱, 地壳厚度增大, 古地温梯度为 $5 \sim 3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

地台期 侏罗纪至早第三纪, 准噶尔盆地发展为稳定的地台, 在盆地边缘除了侏罗纪时有少量断

层活动之外, 全盆地是宁静的, 地壳厚度进一步加大, 地热流降低, 古地温梯度为 $3 \sim 2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

陈国达等认为准噶尔盆地的主体部分在早更新世末进入地洼阶段, 地壳又重新活动, 这在地温方面也有所反映。一般认为, 地壳活动的动力来自地幔之下的热对流, 由于地壳较厚, 热传导较慢, 地温升高往往比地壳活动滞后一个时期。在地壳抬升较大的地区, 如东疆及三拐地区, 现今地温梯度高达 $2.3 \sim 2.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$; 在至今仍然是凹陷的地区, 西参2井的现今地温梯度只有 $1.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。抬升地区现今地温较高, 可能反映出地洼期地温梯度有所回升。

由于本地区古地温梯度较高, 玛湖凹陷中的石炭系和二叠系生油层在二叠、三叠纪

时就进入了生油高峰期。如果当时有构造活动及聚集油气的构造高部位场所(或在盆地边缘高部位有粗粒岩相带),就更有利于油气运移并聚集成油藏。

据尤绮妹的研究,克一乌大断裂推覆体在石炭纪就开始活动。早石炭世,本断裂处于雏形阶段。二叠纪时继续活动,大断裂已呈现为北东方向的左列雁行排列,断裂带的上倾方向,二叠系已遭受侵蚀,成为构造上的高部位。构造活动及克一乌断裂带西北侧高部位的形成,有利于石炭系生油层在二叠纪时所生成的油气运移出来,并向克一乌断裂带聚集。

三叠纪时,克一乌断裂及夏一红北断裂都进入了活动高潮,造成巨大的滑脱型构造。二叠系生油层在这段时期内已进入生油高峰,它所生成的油可大规模地运移,并向克一乌断裂带聚集。

克一乌断裂在燕山期(侏罗纪)的活动及较近时期许多断距不大的正断层的形成,对油气进一步运移和再分配起了一定作用,但也造成了一些流失。

地温研究对于主要生油层生油高峰期的推断;为认识本地区油气藏的形成过程提供了新的线索,扩大了对油源的认识。在古地温梯度高于今地温的油气盆地,应特别重视寻找古生新储的油气藏。

本项工作得到杨斌、范光华、刘德汉、王庆隆等同志的支持和帮助,作者一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 周中毅、刘德汉、盛国英,“古地温地质模式及其找油意义——新疆盆地古地温初步研究”《中国科学院石油地球科学学术会议论文集》,第148~156页,科学出版社,1982年。
- [2] 尤绮妹,“准噶尔盆地西北缘推覆构造的研究”,新疆石油地质,1983年,第1期。
- [3] 陈国达,“准噶尔地洼盆地的形成、演化及其对油气田(藏)形成的控制”,《中国科学院石油地球科学学术会议论文集》,第16~27页,科学出版社,1982年。
- [4] 施继扬等,“矿物包裹体在碳酸盐岩区油气评价中的意义”,沉积学报,1987年,第1期。
- [5] 范成龙、姚永耘,“准噶尔盆地油气形成与分布规律”,新疆石油地质,1986年,第1期。
- [6] 王庆隆等,《裂变碎片技术及其在地球化学中的应用》,科学出版社,1984年。
- [7] Gleadow, A. J. W, et al, “Fission track analysis—a new tool for the evaluation of thermal history and hydrocarbon Potential”, APEA, 414~429, 1983.

(收稿日期 1988年12月17日)

GEOHERMAL CHARACTERISTICS OF THE JUNGGAR BASIN AND ITS SIGNIFICANCE TO OIL SEARCHING

Zhou Zhongyi Pan Changchun

Fan Shanfa Han Ling

(*Institute of Geochemistry, Academia Sinica*)

Abstract

The major source beds in the oil — bearing basins of Xinjiang are Paleozoic formations, therefore, it is rather important to study the paleogeothermal regimes of the basins.

For the further study of the geothermal histories of the basins, the method of fission scar tracks in apatite is adopted, which suggests that the annealing temperatures (70~125 °C) of fission tracks in apatite are within the temperature range (60~140 °C) of substantial oil generation. Besides, the method is also used for solving the thermal history and some basic geological problems of sedimentary basins. The age of fission tracks represents the geological age of uplifting and erosion, so it can be used for the timing of uplifting and erosion. The authors suppose a method of reconstructing geothermal history using enclosure temperature.

The geothermal evolution of the Junggar Basin is divided into three major phases: a) the geosynclinal phase (Carboniferous Period) with paleothermal gradients of 8~5 °C/100 m, b) the foredeep phase (Permian to the end of Triassic Period) with paleothermal gradients of 5~3 °C/100 m, and c) the platform phase (Jurassic to Paleogene) with paleothermal gradient of 3~2 °C/100 m. The Carboniferous and Permian source beds in a few major depressions of the basin reached the oil generation peak stage during Permian and Triassic Periods, therefore, the authors suggest that emphasis should be placed on finding Cenozoic reservoirs coupled with Paleozoic source beds.