

文章编号: 0253-9985(2005)05-0613-05

塔里木盆地的热史

李慧莉^{1,2}, 邱楠生³, 金之钧^{1,2}, 何治亮^{1,2}

(1 中国石化石油勘探开发研究院西部分院, 新疆乌鲁木齐 830011; 2 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083

3 中国石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249)

摘要: 塔里木盆地的地质热历史与其构造演化史密切相关。塔里木盆地自古生代以来古地温总体呈下降趋势, 其间存在两个相对较高的古地温期: 一个是寒武纪—早奥陶世, 另一个是石炭—二叠纪。早古生代塔里木盆地古地温梯度较高, 寒武纪—早奥陶世古地温梯度为每百米 3.2~3.5℃, 此后地温梯度显著下降; 石炭—二叠纪古地温略有上升, 地温梯度为每百米 3.0~3.2℃; 中生代古地温梯度下降平缓, 中生代末地温梯度为每百米 2.5℃; 新生代地温梯度持续下降, 现今地温梯度为每百米 2℃。由于盆地不同构造单元构造发展演化史不同, 塔里木盆地各构造单元的地质热历史各具特征。沙雅隆起与卡塔克隆起以及古城墟隆起在地质历史过程中, 长期处于基底隆起区, 大地热流始终相对较高; 而满加尔坳陷长期处于坳陷区, 基底埋深大, 古热流相对较低。此外, 新生代期间, 塔里木盆地受南北向的挤压, 由于山脉的负载作用, 使盆地中部岩石圈相对上拱的卡塔克隆起地温梯度变化较小或略有上升, 而边缘向下挠曲的塔西南坳陷新生代期间持续的快速沉降, 地温梯度下降迅速, 且幅度较大。

关键词: 热历史; 古地温; 地温梯度; 塔里木盆地

中图分类号: TE112.1

文献标识码: A

Geothermal history of Tarim basin

Li Huili¹, Qiu Nansheng², Jin Zhijun³, He Zhiliang¹

(1 West Branch of Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Urumqi; 2 Research Center of Basin & Reservoir, China University of Petroleum, Beijing; 3 Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing)

Abstract Geothermal history of Tarim basin is closely related with its structural evolution history. Palaeogeotherm in Tarim basin has been in declining trend since Paleozoic. There were two relatively high palaeogeothermal stages, one in Cambrian-Early Ordovician and the other in Carboniferous-Permian. The palaeogeotherm in Tarim basin was relatively high during Early Paleozoic. It was 3.2℃~3.5℃ per hundred meters in Cambrian-Early Ordovician, and then remarkably lowered. It increased a little bit in Carboniferous-Permian to 3.0℃~3.2℃ per hundred meters. It slowly declined in Mesozoic and lowered to 2.5℃ per hundred meters at the end of Mesozoic. It continuously declined in Cenozoic to the current 2℃ per hundred meters. As the structural development and evolution histories are different in various structural units, the geothermal history of each structural unit in Tarim basin has distinct characteristics. Shaya, Katak and Guchengxu uplifts always had relatively high geothermal heat flow, because they had been in basement uplift area for a long period, while Manja'er depression had relatively low geothermal heat flow, because it had been in downwarping region with large burial depth of basement for a long period. Moreover, Tarim basin has experienced N-S compression in Cenozoic. As a result of the loading of mountains, the lithosphere in the central part of the basin had been upwarped, so the geothermal gradient in Katak uplift had relatively small variation or increased a little bit, while the downwarping on the edge has caused continuous and rapid subsidence of the Southwest Tarim depression in Cenozoic, as a result

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (G1999043302)

第一作者简介: 李慧莉, 女, 33 岁, 在站博士后, 石油与天然气地质

收稿日期: 2005-05-20

the geothermal gradient lowered rapidly by a big margin

Key words geothermal history; palaeogeotherm; geothermal gradient; Tarim basin

塔里木盆地是一个在太古界、元古界古老变质基底之上发展起来的复合、叠合盆地。盆地中发育震旦系与下古生界 (Z—O) 海陆交互相—海相地层、中生界 (S—D) 海相—海陆交互相地层、上古生界 (C—P₁) 海相—陆相地层、上古生界—下中生界 (P₂—T) 陆相地层、上中生界 (J—K) 陆相地层以及新生界 (E—Q) 海相—陆相地层。盆地先后经历了塔里木、库鲁克塔格、加里东、海西、印支、燕山、喜山等多期构造运动。从震旦纪至今, 盆地的演化发展先后表现为克拉通边缘拗拉槽阶段 (Z—O)、周缘前陆盆地阶段 (S—D)、克拉通边缘拗陷和克拉通内裂谷阶段 (C—P)、前陆盆地阶段 (T)、断陷盆地阶段 (J—E) 和复合前陆盆地阶段

(N—Q)^[1]。多年的油气勘探实践表明, 塔里木盆地的油气资源丰富, 地质条件复杂, 油气勘探实践的希望与挑战并存^[2-5]。塔里木盆地地质热历史的研究是盆地生烃史与成藏史研究的基础, 在油气勘探实践中具有重要意义。

1 研究概况

对塔里木盆地的热体制, 曾有研究人员做过不少很有价值的研究^[6-16]。这些研究不仅涉及盆地现今的地温、大地热流及地温梯度的分布状况, 还涉及盆地的古地温、大地热流以及地温梯度的演化。

表 1 与图 1 为塔里木盆地部分构造单元典型

表 1 塔里木盆地古地温梯度研究成果概览

Table 1 Review of paleogeothermal gradients of several wells on different structural units in Tarim basin

构造单元	井号	不同时代的古地温梯度 /												资料来源	
		Q	N	E	K	J	T	P	C	D	S	O ₂₊₃	O ₁		€
塔北隆起	YM 1	1.72	2.72	2.9	2.9	2.9	3.0	3.2	3.2	3.0	3.0	3.5			谢觉新等*
	H1	2.0	2.22	2.5	2.6	2.7	2.9								
	LN46	2.0	2.2	2.65	2.7	2.8	3.0	3.2	3.2	3.0	3.0	3.5	3.5		
	LN1	2.0	2.3	2.65	2.7	2.8	3.0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.5		
	LN5	1.82	2.45	2.7	2.8	2.85	3.0	3.2	3.1	3.05	3.05	3.05	3.5		张水昌等*
	YM 1	1.7	2.7	2.9	2.9	2.9	3.0	3.2	3.2	3.0	3.0	3.5			
	LN46	2.0	2.2	2.7	2.8	3.0	3.2	3.2	3.0	3.0	3.5	3.5			
	LN5	2.0	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1		潘长春 ^[6]
满加尔	MX1	1.7	2.4	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.2						谢觉新等*
	QK1	2.0	2.2	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.0	2.85	2.85	2.85			
	MX1	1.7	2.4	2.7	2.8	2.9	3.0	3.2	3.2						张水昌等*
	QK1	2.0	2.2	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.0	2.9	2.9	2.9			
中央隆起带	H2	2.0	2.2	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	3.0						谢觉新等*
	TZ1	2.05	2.6	3.0	3.05	3.05	3.1	3.2	3.2	2.9	2.9	2.9	3.5	3.5	
	TD1	2.25	2.65	3.05	3.1	3.1	3.15	3.2	3.85	3.85	3.85	3.85	3.5	3.6	
	TZ12	2.2	2.5	2.8	3.0	3.0	3.1	3.2	3.2	3.0	3.0	3.35	3.5		
	TAC1	2.2	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.15	3.15	3.0	3.0	3.4	3.45	3.45	解启来等*
	H4	2.0	2.2	2.4	2.6	2.6	2.6	2.9	2.9	2.7	2.7	2.9	2.95	2.95	
	TZ12	2.2	2.5	2.8	3.0	3.0	3.1	3.5	3.2	3.0	3.0	3.4	3.4		
	TAC1	2.2	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.5	3.2	3.0	3.0	3.0	3.1	3.3	
	H4	1.9	2.1	2.4	2.6	2.6	2.6	3.5	2.9	2.7	2.7	3.2	3.0	3.0	张水昌等*
	TD1	2.3	2.7	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.8	3.8	4.0	4.0	3.5	3.6	
	TZ1	2.0	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	潘长春等 ^[6]
	TD1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.9	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	
	TZ10		2.5	2.6	3.0	3.1	3.1	3.06	3.06	2.9	2.9	3.54			邱楠生 ^[9]
	西南拗陷	Q3	2.1	2.5	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	3.2					
	O3	2.1	2.5	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3.2						张水昌等*

注: 表中空格为无资料

* 谢觉新, 周中毅, 潘长春, 等. 塔里木盆地古地温、热演化史及油气评价. “八·五”国家重点科技攻关项目《塔里木盆地油气资源》成果报告. 1994

解启来, 周中毅, 施继锡. 塔里木盆地生油岩成熟度确定及成烃演化史研究. “九·五”国家重点攻关项目《塔里木盆地石油天然气勘探》成果报告. 1998

张水昌, 王飞宇, 张俊, 等. 塔里木盆地油源对比、烃源岩生烃史及油气藏形成史. “九·五”国家重点攻关项目《塔里木盆地石油天然气勘探 (二期)》成果报告. 2000

王良书, 李成, 施小斌, 等. 塔里木盆地大地热流、岩石圈热结构和热演化. “八·五”国家重点科技攻关项目《塔里木盆地油气资源》成果报告. 1994

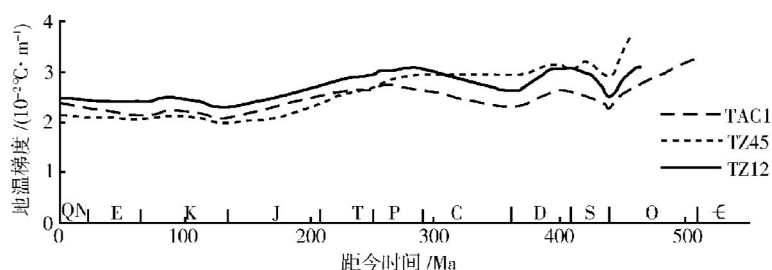
图 1 卡塔克隆起 TAC1, TZ12 和 TZ45 井地质热历史图^[8]

Fig. 1 Geothermal histories of wells TAC1, TZ12 and TZ45 in Katak uplift

探井的热历史研究成果概况。从表 1 与图 1 中可以看到, 所研究的典型钻井主要集中在沙雅隆起、中央隆起带、满加尔坳陷及西南坳陷等油气勘探的重点地区。

2 地质热历史

综合上述研究成果, 塔里木盆地部分构造单元的地质热历史概况(图 2)如下。

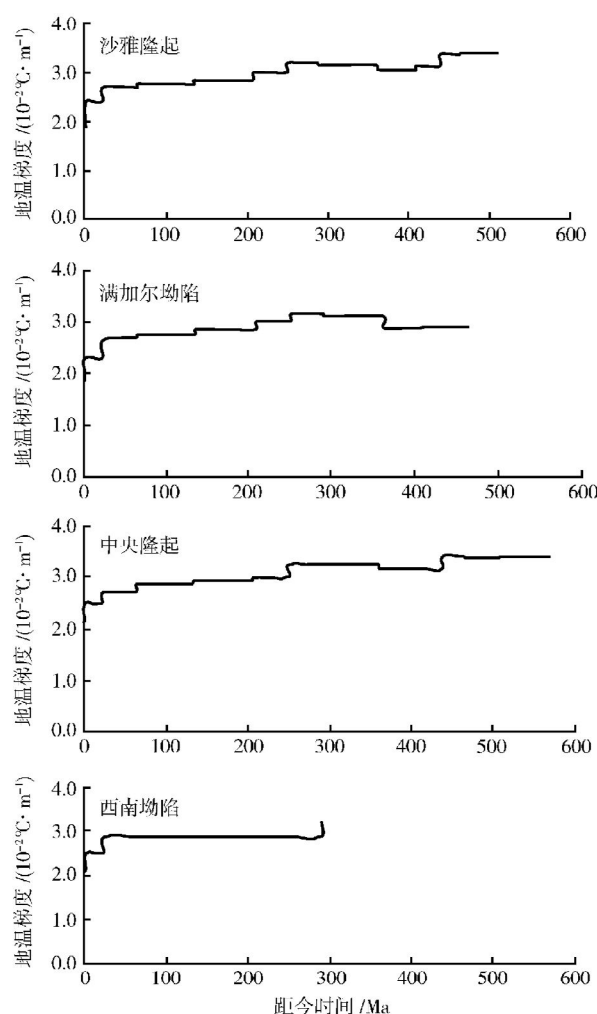


图 2 塔里木盆地部分构造单元的地质热历史

Fig. 2 Geothermal histories of several structural units in Tarim basin

沙雅隆起: 根据 YM1, H1, LN46, LN1 和 LN5 井的研究成果, 沙雅隆起奥陶纪沉积时, 古地温梯度约为每百米 3.4℃; 志留—泥盆纪, 地温梯度每百米 3.1℃, 石炭—二叠纪地温梯度相对较高, 约为每百米 3.1~3.2℃。进入印支期以来, 地温场逐渐降低。中生代平均地温梯度为每百米 2.7~3.0℃。喜山期地温梯度继续降低, 早第三纪为每百米 2.7℃, 晚第三纪为每百米 2.4℃, 第四纪地温梯度约为每百米 1.9℃。

满加尔坳陷: 根据 MX1 和 QK1 井的地质热历史可知, 满加尔坳陷中晚奥陶世—泥盆纪的平均地温梯度为每百米 2.9℃, 石炭—二叠纪为每百米 3.1℃; 进入中生代以来地温梯度逐渐降低, 由三叠纪的每百米 3.0℃至白垩纪降为每百米 2.7℃; 第三纪以来地温梯度继续下降, 由早第三纪的每百米 2.6℃降为现今的每百米 1.8℃。

中央隆起区: 根据 TD1, TZ1, TAC1, TZ12, TZ10, TZ45, H2 和 H4 井的研究成果, 中央隆起区的寒武纪—早奥陶世地温梯度为每百米 3.3℃; 中晚奥陶世—泥盆纪平均地温梯度每百米 3.1~3.3℃; 石炭—二叠纪地温梯度相对较高, 约为每百米 3.2℃; 进入中生代以来, 地温梯度逐渐降低, 由三叠纪的每百米 3.0℃降至早第三纪的每百米 2.7℃; 第三纪、第四纪地温梯度继续降低, 晚第三纪时为每百米 2.5℃, 至今约为每百米 2.0~2.3℃。另外, 从表 1 与图 1 中还可以看到, 地质历史上中央隆起带由西向东古地温梯度逐渐升高。

西南坳陷: 以往的研究仅恢复了 Q3 井的古地温。Q3 井石炭纪地温梯度较高, 可达每百米 3.2℃, 中生代以来地温梯度降低。二叠纪—早第三纪平均地温梯度每百米 2.85℃, 晚第三纪以来由每百米 2.5℃降为现今的每百米 2.1℃。

3 地质热历史与构造演化史的关系

塔里木盆地古地温的变化受控于其大地构造演化背景。在时间上, 伴随塔里木盆地地质演化的历史进程, 塔里木盆地各构造单元古地温总体表现为逐渐下降的趋势, 其间存在两个相对较高的古地温期, 一个是寒武纪—早奥陶世, 另一个是石炭—二叠纪。寒武纪—早奥陶世, 古亚洲洋开启, 塔里木盆地处于克拉通边缘坳拉槽阶段, 地壳拉张减薄, 盆地大地热流高, 地温梯度大, 寒武—奥陶纪地温梯度介于每百米 $3.2 \sim 3.5^{\circ}\text{C}$ 。此后, 随着古亚洲洋的闭合, 塔里木克拉通边缘坳拉槽消亡, 塔里木进入前陆盆地发展阶段, 大地热流逐渐降低, 古地温梯度总体呈下降趋势。志留—泥盆纪地温梯度为每百米 3.0°C 。石炭纪—二叠纪, 古特提斯局部伸展, 塔里木盆地克拉通内裂谷发育, 由于岩石圈板块构造运动以及岩浆活动发育, 导致此阶段大地热流略有升高, 地温梯度相对较高, 为每百米 $3.0 \sim 3.2^{\circ}\text{C}$ 。中、新生代, 由于中—新特提斯碰撞挤压, 盆地快速沉降, 塔里木盆地主要为前陆盆地阶段、断陷盆地阶段、复合前陆盆地阶段, 大地热流整体呈逐渐下降的趋势, 中生代末地温梯度为每百米 2.5°C , 现今地温梯度为每百米 2°C 。

在空间上, 塔里木盆地各构造单元的古地温梯度并不相同。从图 1、2 和表 1 可以看到, 沙雅隆起、卡塔克隆起与古城墟隆起, 古地温梯度始终相对较高, 而满加尔坳陷地温梯度则相对较低。这是因为沙雅隆起与卡塔克隆起以及古城墟隆起在地质历史过程中, 长期处于基底隆起区, 大地热流值始终相对较高; 而满加尔坳陷长期处于坳陷区, 基底埋深大, 古热流值相对较低。此外, 由于各构造单元的构造演化历史不同, 古地温梯度的变化特征也不相同。如表 1 与图 1 中卡塔克隆起与塔西南坳陷新生代以来的古地温梯度虽然都表现出下降的趋势, 但是塔西南坳陷地温梯度下降趋势更为明显, 幅度更大。这是因为新生代期间, 印度板块与欧亚板块的碰撞, 使塔里木盆地受南北向的挤压, 两侧山脉强烈抬升。由于山脉的负载作用, 使盆地中部岩石圈相对上拱, 边缘向下挠曲, 在盆地边缘形成深坳陷。如塔西南坳陷新生代期间持续的快速沉降, 地温梯度下降迅速且幅度较大; 而盆地中部岩石圈相对上拱的卡塔克隆

起地温梯度变化较小或略有上升。

总之, 塔里木盆地的地质热历史与其构造演化史密切相关。由于处于统一的盆地基底之上, 在时间上, 塔里木盆地各构造单元地温梯度的变化具有一定的相似性。即伴随塔里木盆地地质演化的历史进程, 古地温总体表现为逐渐下降的趋势。在空间上, 由于盆地不同构造单元构造发展演化史不同, 又决定了其地质热历史存在一定的差异。

参 考 文 献

- 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 279~283
Jia Chengzao. Structural feature and petroleum in Tarim basin, China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 279~283
- 何治亮, 毛洪斌, 周晓芬, 等. 塔里木多旋回盆地与复式油气系统 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 207~213
He Zhiliang, Mao Hongbin, Zhou Xiaofen, et al. Complex petroleum system and multicycle basin in Tarim [J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(3): 207~213
- 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21~25
Kang Yuzhu. Geological condition for forming big gas fields in Tarim basin [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(1): 21~25
- 徐旭辉. 塔里木古生代原型盆地分析的油气勘探意义 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3): 224~228
Xu Xuhui. The significance of the analysis of Tarim Paleozoic prototype basins in oil and gas exploration [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(3): 224~228
- 徐向华, 周庆凡, 张玲. 塔里木盆地油气储量及其分布特征 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(3): 300~313
Xu Xianghua, Zhou Qingfan, Zhang Ling. Oil and gas reserves and their distribution in Tarim basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(3): 300~313
- 潘长春, 周中毅, 范善发, 等. 塔里木盆地热演化 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 1996, 15(3): 150~177
Pan Changchun, Zhou Zhongyi, Fan Shanfa, et al. Thermal evolution of Tarim basin [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 1996, 15(3): 150~177
- 邱楠生, 金之钧, 王飞宇. 多期构造演化盆地的复杂地温场对油气生成的影响——以塔里木盆地塔中地区为例 [J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 142~144
Qiu Nansheng, Jin Zhijun, Wang Feiyu. The effect of the complex geothermal field based on the multi-structure evolution to hydrocarbon generation: a case of Tazhong area in Tarim basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(2): 142~144
- 李慧莉, 邱楠生, 金之钧, 等. 塔里木盆地塔中地区地质热历史研究 [J]. 西安石油大学学报 (自然科学版), 2004, 19(4): 36~39
Li Huili, Qiu Nansheng, Jin Zhijun, et al. Study on geothermal

- history of Tazhong area Tarim basin [J]. Journal of Xi'an Petroleum University (Natural Science Edition), 2004 19(4): 36~39
- 9 邱楠生, 金之钧, 李京昌. 塔里木盆地热演化分析中热史波动模型初探 [J]. 地球物理学报, 2002 45(3): 398~406
Qiu Nansheng Jin Zhijun Li Jingchang Discussion on thermal wave model used in the thermal evolution analysis in Tarim basin [J]. Acta Geophysica Sinica 2002 45(3): 398~406
- 10 解启来, 周中毅. 利用干酪根热解动力学模拟实验研究塔里木盆地古生界古地温 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002 27(6): 767~769
Xie Qilai Zhou Zhongyi Kerogen pyrolysis kinetics simulating experiment used to study Lower Paleozoic paleotemperature in Tarim Basin [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences 2002 27(6): 767~769
- 11 李成, 王良书, 郭随平, 等. 塔里木盆地热演化 [J]. 石油学报, 2000 21(3): 13~17
Li Cheng Wang Liangshu Guo Suiping et al Thermal evolution in Tarim basin [J]. Acta Petrolei Sinica 2000 21(3): 13~17
- 12 黄清华, 杨建国, 郑玉龙. 塔里木盆地西部古生代牙形刺与有机质成熟度 [J]. 大庆石油地质与开发, 1999 18(5): 14~16
Huang Qinghua Yang Jianguo Zheng Yulong Palaeozoic conodont and organic matter maturity in the western part of Tarim basin [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing 1999 18(5): 14~16
- 13 陶士振, 刘德良, 魏大卫, 等. 叶城凹陷白垩纪至晚第三纪成岩作用与古地温研究 [J]. 石油勘探与开发, 1998 25(3): 26~30
Tao Shizhen Liu Deliang Wei Dawei et al Study on the Cretaceous-Late Tertiary diagenesis and paleogeotemperature of the Yecheng depression [J]. Petroleum Exploration & Development 1998 25(3): 26~30
- 14 王良书, 李成, 刘绍文, 等. 塔里木盆地北缘库车前陆盆地地温梯度分布特征 [J]. 地球物理学报, 2003 46(3): 403~407
Wang Liangshu Li Cheng Liu Shaowen et al Geotemperature gradient distribution of Kuqa foreland basin, north of Tarim, China [J]. Acta Geophysica Sinica 2003 46(3): 403~407
- 15 王钧, 汪缉安, 沈继英, 等. 塔里木盆地的大地热流 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1995 20(4): 399~404
Wang Jun Wang Jian Shen Jiyang et al Terrestrial heat flow in Tarim basin [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences 1995 20(4): 399~404
- 16 王良书, 李成, 施中申. 塔里木盆地大地热流密度分布特征 [J]. 地球物理学报, 1995 38(6): 855~856
Wang Liangshu Li Cheng Shi Zhongshen Distribution of terrestrial heat flow density in Tarim basin, western China [J]. Acta Geophysica Sinica 1995 38(6): 855~856

(编辑 李树森)

(上接第 612 页)

- Chen Jianping Zha Ming Liu Guangdi et al Importance of unconformity to oil and gas accumulation in the northwest slope of Junggar basin [J]. Journal of the China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2000 24(4): 75~78
- 14 王震亮, 陈荷立, 宋岩. 准噶尔盆地侏罗系天然气藏特征 [J]. 石油与天然气地质, 2001 22(2): 133~136
Wang Zhenliang Chen Heli Song Yan Characteristics of Jurassic gas pools in Junggar basin [J]. Oil & Gas Geology 2001 22(2): 133~136
- 15 翟光明, 何文渊. 塔里木盆地石油勘探实现突破的重要方向 [J]. 石油学报, 2004 25(1): 1~7
Zhai Guangming He Wenyan An important petroleum exploration region in Tarim basin [J]. Acta Petrolei Sinica 2004 25(1): 1~7
- 16 赵孟军, 曾强, 张宝民. 塔里木盆地石油地质条件与勘探方向 [J]. 新疆石油地质, 2001 22(2): 93~96
Zhao Mengjun Zeng Qiang Zhang Baomin The petroleum geological condition and prospecting orientation in Tarim basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology 2001 22(2): 93~96
- 17 张振生, 韩宇春. 塔里木盆地塔中地区东河砂岩圈闭含油气控制因素探讨 [J]. 石油地球物理勘探, 2001 36(4): 451~458
Zhang Zhensheng Han Yuchun Approach to oil/gas-bearing controlling factors of Donghe sandstone traps in Tazhong area of Tarim basin [J]. Oil Geophysical Prospecting 2001 36(4): 451~458
- 18 杨威, 魏国齐, 王清华, 等. 塔里木盆地寒武系两类优质烃源岩及其形成的含油气系统 [J]. 石油与天然气地质, 2004 25(3): 263~267
Yang Wei Wei Guoqi Wang Qinghua et al Two types of Cambrian source rocks and related petroleum systems in Tarim basin [J]. Oil & Gas Geology 2004 25(3): 263~267
- 19 王屿涛, 范光华, 蒋少斌. 准噶尔盆地腹部高压和异常高压对油气生成和聚集的影响 [J]. 石油勘探与开发, 1994 21(5): 1~7
Wang Yutao Fan Guanghua Jiang Shaobin The effect of high pressure and abnormally high pressure on the generation and accumulation of petroleum in mid-land Junggar basin [J]. Petroleum Exploration & Development 1994 21(5): 1~7
- 20 吴晓智, 李策. 准噶尔盆地莫索湾地区异常地层压力与油气聚集 [J]. 新疆石油地质, 1994 15(3): 208~213
Wu Xiaozhi Li Ce Abnormal pressure and hydrocarbon accumulation in Mosowan area of hinterland of Junggar basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology 1994 15(3): 208~213

(编辑 高岩)