

文章编号:0253-9985(2007)06-0816-05

库车坳陷克拉苏构造带构造特征及天然气勘探

雷刚林, 谢会文, 张敬洲, 王月然, 黄少英, 叶茂林, 张国伟

(中国石油天然气股份有限公司 塔里木油田分公司 勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000)

摘要:库车坳陷克拉苏构造带成藏地质条件优越, 构造的发育与演化主要受区域逆冲断裂的控制, 具有明显的南北分带、东西分段、纵向分层的构造特点。依据区域断裂、构造样式不同, 从北向南可划分为4个带, 从西向东可划分为5个段。断裂控制构造的发育和差异性, 而断裂特征受古构造背景、滑脱层及挤压应力强度的影响, 造成成藏和保存条件的不同。克拉苏构造带优质储层发育、盐层相对较厚、远离断裂多期活动区, 是理想的前景区, 而大北、克深地区是天然气勘探的现实领域。

关键词:分带性和分段性; 盐层流动变形; 走滑断层; 成藏地质条件; 勘探领域; 克拉苏构造带; 库车坳陷

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

Structural features and natural gas exploration in the Kelasu structural belt, Kuqa Depression

Lei Ganglin, Xie Huiwen, Zhang Jingzhou, Wang Yueran, Huang Shaoying, Ye Maolin, Zhang Guowei

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Tarim Oilfield Company, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: The Kelasu structural belt of the Kuqa Depression has favorable geologic conditions for hydrocarbon accumulation. Its structural development and evolution are controlled by regional thrust faults. It is characterized by apparent zonation from south to north, segmentation from east to west and vertical layering. Four structural zones from south to north and five segments from west to east were identified according to different regional faults and structural styles. Faults controlled structure development and their differences, while three factors, namely palaeotectonic setting, detachment layer, and intensity of compressive stress, exerted influence upon the characteristics of the faults, forming different pooling and preserving conditions. The belt is an ideal prospective area for gas exploration because of its well-developed reservoirs, relatively thick salt beds, and location far away from multi-stage activating faults. Dabei and Keshen areas are more practical targets for gas exploration.

Key words: zonation and segmentation; flow deformation of salt beds; strike-slip fault; geologic condition for hydrocarbon accumulation; exploration direction; Kelasu structural belt; Kuqa Depression

塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带为南天山山前第二排构造^[1~3], 总体呈北东东-东西向展布, 构造的发育与演化主要受区域逆冲断裂的控制, 圈闭高度集中。该构造带成藏地质条件优越, 紧临拜城生烃凹陷, 发育优质的储盖组合, 勘探潜力巨大^[4]。勘探的主攻目标主要为古近系盐下背斜圈闭, 勘探目的层为古近系底砂岩、白垩系。已发现油气田、油气藏4个(克拉2、克拉3、大北1、

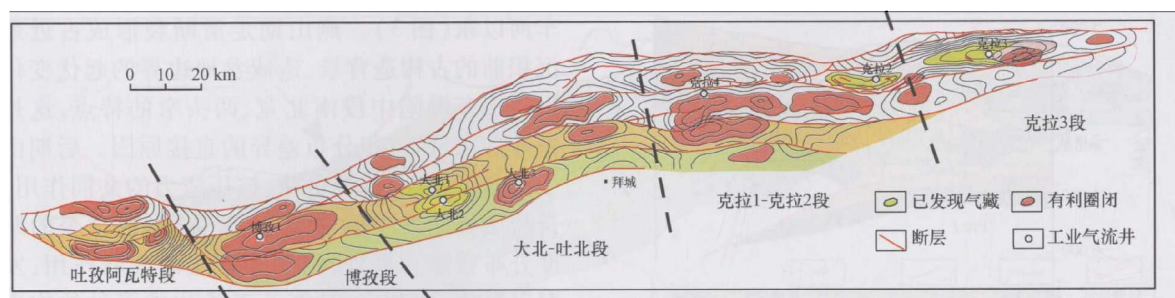
大北3), 天然气三级储量合计 $3\,832.07 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中探明储量占整个库车坳陷的44.4%。

1 构造特征

库车坳陷经历多期构造运动, 尤其是喜马拉雅运动对构造变形的影响最为强烈, 发育一系列前展式断裂系统, 形成“四带三凹”的构造格

收稿日期: 2007-11-16。

第一作者简介: 雷刚林(1970—), 男, 高级工程师, 应用物理。

图1 克拉苏构造带地震 T_8 反射层构造Fig. 1 Structural map of T_8 seismic reflecting horizon for the Kelasu structural belt

局^[5,6]。克拉苏构造带是靠近山前的第二排构造带,受挤压应力程度仅次于北部单斜带,具有明显的南北分带、东西分段、纵向分层、深浅层构造高点不叠合的构造特点;盐上、盐下构造变形差异大,盐上构造以盐膏层为滑脱层的盐相关褶皱作用为主,盐下构造以叠瓦冲断作用为主。依据区域断裂及构造特征,从北向南可划分为克拉苏背斜、克深、克深南和拜城北4个区带(图1),各区带受控于不同的断裂。

依据断裂特征、构造样式和结构的不同,克拉苏构造带从西向东可以划分为5个段,包括吐孜阿瓦特段、博孜段、大北-吐北段、克拉1-克拉2段、克拉3段。

1.1 吐孜阿瓦特段

该段为拜城凹陷与乌什凹陷的过渡区,挤压最为强烈,构造被抬起最高,深、浅层构造具有明显的不叠合性,构造变形样式也存在较大差异。盐下为叠瓦冲断式构造,盐上构造为强烈褶皱变形后的冲断,整体剥蚀严重,拜城凹陷在此已经变浅、变窄,向西直至消失(图2a)。

1.2 博孜段

该段构造较为简单。盐下为逆冲叠瓦构造,断层断距较小,所控制的每个构造片叠置较少;盐上构造的断层不发育,为北高南低的单斜(图2b)。

1.3 大北-吐北段

该段盐上、盐下变形均较复杂,断层较发育。盐下也为逆冲叠瓦构造,断距较大,控制盐下构造发育及盐层的变形。盐上地层南部发育盐刺穿构

造,最浅刺穿于库车组,北部发育褶皱变形后的冲断,表现为地表的吐孜玛扎背斜(图2c)。

1.4 克拉1-克拉2段

该段盐上、盐下构造差异较大。盐下断层断距最大,最大断距可达4 000 m,克深区带的特点极为突出。盐上主要为盐拱形成两排褶皱(喀桑托开、库姆格列木地表背斜),后被冲断(图2d)。

1.5 克拉3段

该段盐层较薄,盐上、盐下构造变形较为简单、一致,上、下盘受同一断层控制。盐下构造与西部4段不同,只发育两排构造,控制克拉3构造的主断层向上断至地表,表现为地表的喀桑托开背斜(图2e)。

2 构造变形主控因素

众所周知,断裂控制了构造的发育,而断裂特征受古背景^[7,8]、滑脱层及挤压应力强度的控制。由于它们的差异决定了构造的分带和分段性,也造成其成藏和保存条件的不同。因此,构造变形的主控因素研究对于油气勘探领域的确定具有重要的意义。

2.1 燕山期走滑断层控制盐层分布

库车盐层分布广、厚度变化大,在库车坳陷构造变形过程中起着重要的作用^[9]。古近系库姆格列木群和新近系吉迪克组两套地层均有盐层发育,厚度横向变化较大,约为100~4 000 m,古近系盐层分布于库车河以西,新近系盐层分布于库

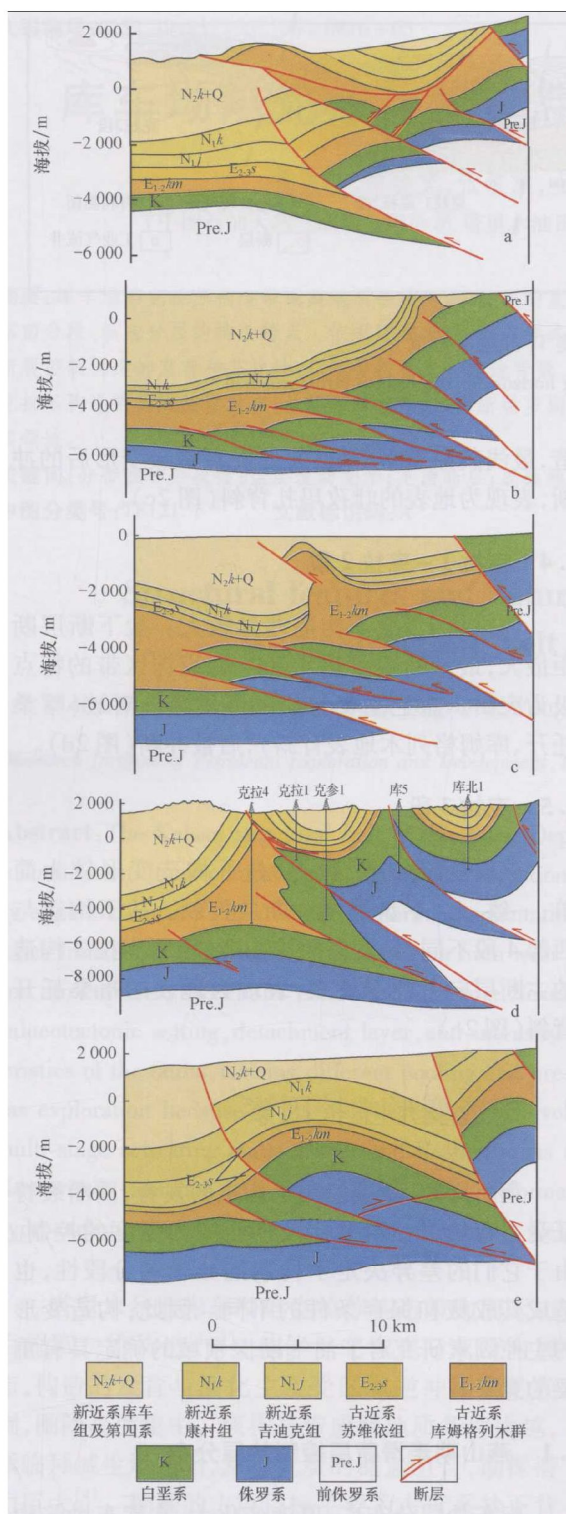


图2 克拉苏构造带各区段构造样式

Fig. 2 Structural styles in different segments of the Kelasu structural belt

a. 吐孜阿瓦特段; b. 博孜段; c. 大北-吐北段;
d. 克拉1-克拉2段; e. 克拉3段

车河以东(图3)。燕山期走滑断裂形成古近系沉积前的古构造背景,造成盆地边界的起伏变化以及库车坳陷中段南北宽、两头窄的特点,这是膏盐层东、西沉积分布差异的直接原因。后期由于膏盐层塑性、差异负荷、挤压应力的共同作用,膏盐层长期发生侧向流动、聚集,形成现今的厚度分布状态。另外,由于膏盐层的底辟作用,发育以盐枕、盐刺穿、盐断片等为主的多种盐构造形态。

2.2 两套滑脱层控制盐上、盐下构造变形

克拉苏构造带发育两套主要滑脱层,新生代膏盐层和中生代侏罗系煤层。盐上构造主要受盐层变形的控制^[10],发育盐相关构造;而盐下构造主要受侏罗系煤层控制,发育断层相关褶皱。在构造变形过程中,以盐层为主要滑脱层,可以在纵向上分为盐上构造层、盐构造层和盐下构造层3个构造层。在构造挤压力逐渐增强作用下,膏盐层向应力弱势区聚集,盐上地层因发生底辟作用而变形,甚至形成盐刺穿构造。盐上地层发生的褶皱变形,在应力强区,褶皱轴面两侧会发生错断形成断层,以盐膏层作为滑脱面,冲断至地表。

盐下构造变形主要受以侏罗系煤层为滑脱层(图4)的断层控制,并不受上覆膏盐岩层控制,以发育叠瓦冲断的断层相关褶皱为主^[11]。其构造变形影响了膏盐层分布及形态的变化,从而可以加剧改变盐上地层变形。

2.3 挤压应力强度、盐层流动变形量决定构造变形差异

盐下构造是油气勘探所关心的主要构造层,它的形成主要受两期构造运动影响。燕山期活动以来自北西向的侧向挤压为主(图3),北部逆冲断裂开始发育,并形成一系列右行走滑断层,构造雏形渐渐出现;晚喜马拉雅期是盐下构造幅度加大及形成新构造的主要阶段。

构造的最终形成与定型是晚喜马拉雅期,而运动的强弱程度决定了构造的规模、幅度与形态。挤压应力主要来自于北部冲断带,而盆地边界的起伏变化、南北向宽度及地层岩性的不同造成应力强度的不均衡,这是造成盐下构造变形差异的主要因素。

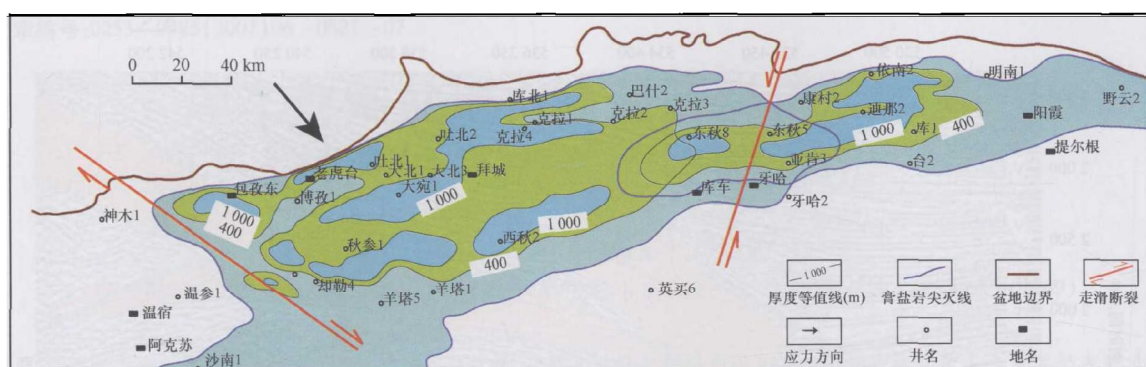


图3 库车坳陷膏盐层厚度分布

Fig. 3 Isopach map of salt bed thickness in the Kuqa Depression

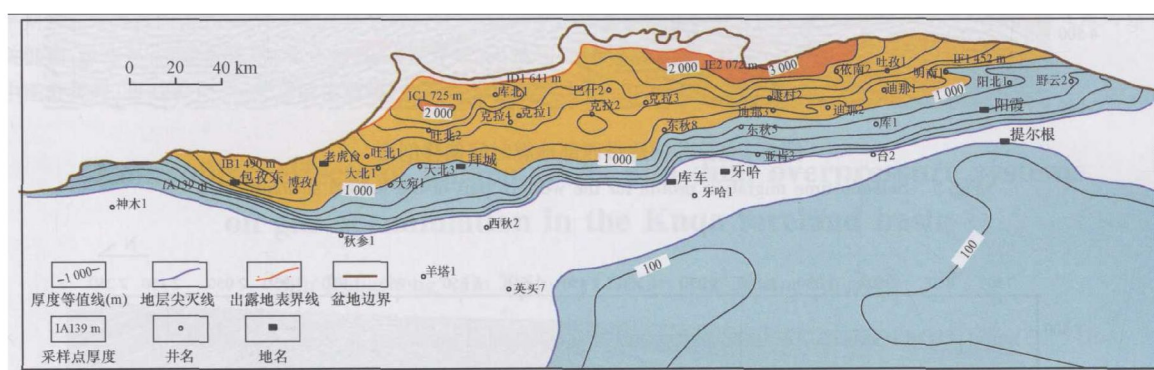


图4 库车坳陷侏罗系残余厚度分布

Fig. 4 Overlay map of the Jurassic residual thickness and structures in the Kuqa Depression

膏盐层的分布范围、厚度、成分以及所受挤压应力的不同,膏盐层发生塑性流动底辟作用的大小是有差异的。克拉苏西部受深部断层作用,构造持续隆升速度较快,上覆地层相对沉积较慢,膏盐层向浅部刺穿并发生侧向流动,这由盐构造形态及生长地层可以判断(图5)。克拉苏东部盐层发育较厚,随着北部挤压应力的向南推进,盐上构造以褶皱变形为主、断层不发育,盐下构造则以冲断变形为特色,表现出明显的分层变形的特点(图6)。

3 构造对成藏的控制作用

构造变形的差异造成不同区带、区段的构造规模、幅度与形态的差异,尤其是盐上构造更甚,同时也造成盐层和古近系沉积储层的差异。同时,燕山期形成的走滑断层并不是静止的,随着晚喜马拉雅运动也处于活动状态,对于处于断裂带

附近的圈闭成藏有很大的影响^[12,13]。通过细致的分析研究,认识到优质储层发育、盐层相对较厚、远离断裂多期活动的地区是理想的前景区,明确了大北、克深地区是最为现实的天然气勘探领域。

4 结论

1) 克拉苏构造带具有明显的南北分带、东西分段、纵向分层、深浅层构造高点不叠合的构造特点。盐上构造层以盐膏层为滑脱层的盐相关褶皱作用为主,盐下构造层以叠瓦冲断作用为主。依据区域断裂、构造样式和结构的不同,从北向南可划分为克拉苏背斜、克深、克深南、拜城北4个区带,从西向东可以划分为5个段。

2) 发育两套主要滑脱层,新生代膏盐层和中生代侏罗系煤层。在构造变形过程中,以盐层为主要滑脱层,可以在纵向上分为盐上构造层、盐构造层和盐下构造层3个构造层。盐上构造主要受

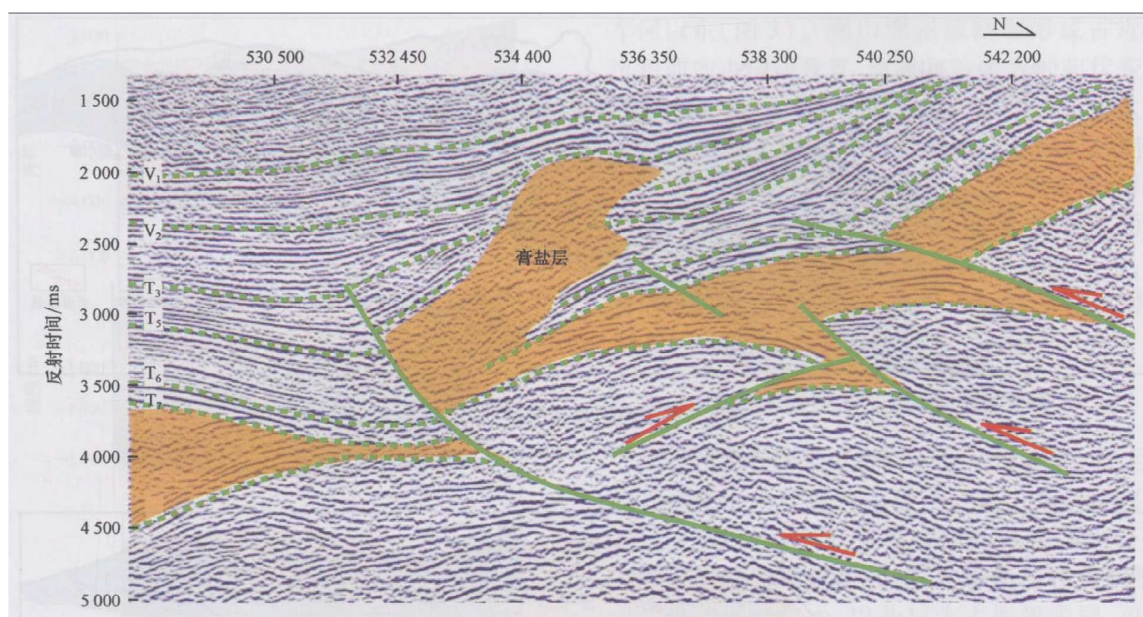


图5 克拉苏构造带西部地震时间偏移剖面

Fig. 5 Seismic-time migration profile for the western part of the Kelasu structural belt

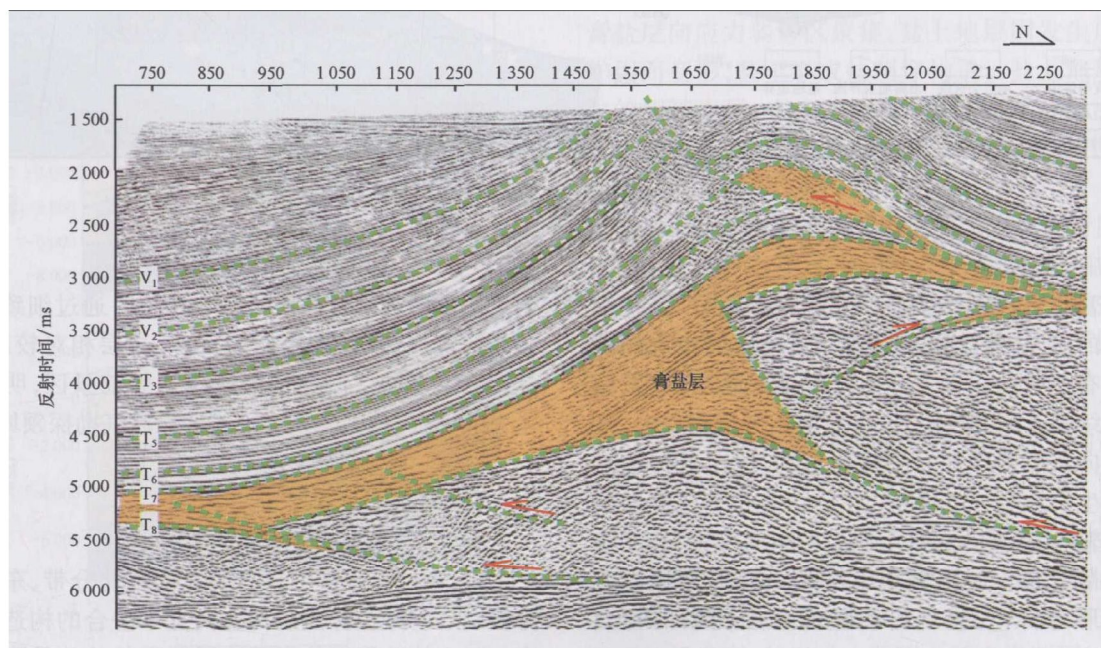


图6 克拉苏构造带东部地震时间偏移剖面

Fig. 6 Seismic-time migration profile for the eastern part of the Kelasu structural belt

盐层变形的控制,发育盐相关构造;而盐下构造变形主要受以侏罗系煤层为滑脱层的断层控制,以发育叠瓦冲断的断层相关褶皱为主。

3) 燕山期活动的走滑断层形成古近系和新近系沉积前的古地貌,主要发育两条右行走滑断层,造成盆地边界的起伏变化,控制了古近系和新近系

的盐层分布。断裂控制了构造的发育,而断裂特征受古背景、盐层流动变形及挤压应力强度的控制。由于它们的差异决定了构造的分带和分段性,也造成其成藏和保存条件的不同。优质储层发育、盐层相对较厚、远离断裂多期活动的地区是理想的前景区。

(下转第835页)

测、预测的有效方法组合是:相干体分析、振幅属性、多尺度裂缝检测、频率差异分析(FDA)和波阻抗反演等。但地震波受缝洞系统所产生的绕射、散射、吸收影响,表现出极强的分带分区特征,需利用不同的方法技术组合去表征不同地区、不同成因及不同规模的缝洞系统。

3) 多尺度裂缝检测揭示构造斜坡带的裂缝比顶部发育,陡坡比缓坡发育,表明地震检测裂缝结果与构造解释出的不同尺度的裂缝和断层吻合率较高。

4) FDA技术揭示溶洞绕射波偏移收敛后形成短反射强度与溶洞的宽度及高度有密切关系,需进行宽度校正。在剖面上FDA异常主要分布在风化面以下100 ms范围之内呈现串珠状,具有分层特征,平面上呈现非规则线性分布。

5) 衰减因子分析表明,在32~48 Hz范围内衰减幅度较大,32 Hz等频率切片中衰减量分布虽呈不规则变化的特点,但缝洞发育的塔河4区、6区衰减明显偏大;48 Hz等频率切片反映高频相对应的高衰减量分布区是缝洞发育的较有利部位。衰减因子可为局部区域有利储集带的定界提供一个相对洞缝发育的部位。

参 考 文 献

- 1 叶德胜,王根长,林忠民,等.塔里木盆地北部寒武—奥陶系碳酸盐岩储层特征及油气前景[M].成都:四川大学出版社,

2000. 17~28

- 2 俞仁连.塔里木盆地塔河油田加里东期古岩溶特征及其意义[J].石油实验地质,2005,27(5):268~278,472
- 3 李红南,魏垂高,张世奇,等.塔里木盆地塔中地区志留系成藏控制因素[J].油气地质与采收率,2006,13(3):43~49
- 4 黄捍东,魏修成,叶连池.碳酸盐岩裂缝性储层研究的地质物理基础[J].石油地球物理勘探,2001,36(5):591~596
- 5 龙建东,徐安娜,李明.缝洞型碳酸盐岩内部局部振幅横向差异性储层预测法[J].石油地球物理勘探,2003,38(1):58~61
- 6 王者顺,王尚旭,唐文榜.塔河碳酸盐岩溶洞油藏的地震响应及频率差异分析[J].石油与天然气地质,2004,25(1):93~96
- 7 王秀玲,孟宪军,李玉新.潜山裂缝储层地震多信息综合预测方法及应用实例[J].石油地球物理勘探,2002,37(增刊):196~201
- 8 李宗杰,王勤聪.塔北超深层碳酸盐岩储层预测方法和技术[J].石油与天然气地质,2002,23(1):35~40,44
- 9 徐峰,杨金华,张耀堂,等.轮南地区碳酸盐岩油气藏的地震响应特征[J].石油与天然气地质,1999,20(3):228~231
- 10 闫相宾,韩振华,李永宏.塔河油田奥陶系油藏的储层特征成因机理探讨[J].地质论评,2002,48(6):178~184
- 11 文晓涛,贺振华,黄德济.缝洞岩层地震波反射特征分析[J].勘探地球物理进展,2003,26(2):100~108
- 12 李江龙,黄孝特,张丽萍.塔河油田4区奥陶系缝洞型油藏特征及开发对策[J].石油与天然气地质,2005,26(5):630~633
- 13 李明娟,张永贵,郭兴威,等.塔河南部地区碳酸盐岩油气预测技术研究[J].石油与天然气地质,2006,27(4):536~541
- 14 韩革华,漆立新,李宗杰,等.塔河油田奥陶系碳酸盐岩缝洞型储层预测技术[J].石油与天然气地质,2006,27(6):860~870

(编辑 陈喜禄)

(上接第820页)

参 考 文 献

- 1 赵文智,王红军,单家增,等.库车坳陷天然气高效成藏过程分析[J].石油与天然气地质,2005,26(6):703~710
- 2 贾承造,宋岩,魏国齐,等.中国中西部前陆盆地的地质特征及油气聚集[J].地学前缘,2005,12(3):3~13
- 3 秦胜飞,贾承造,陶上振.塔里木盆地库车坳陷油气成藏的若干特征[J].中国地质,2002,29(1):103~108
- 4 卢华复,陈楚铭,刘志宏,等.库车再生前陆逆冲带的构造特征与成因[J].石油学报,2000,21(3):18~24
- 5 沈军,吴传勇,李军,等.库车坳陷活动构造的基本特征[J].地震地质,2006,8(2):269~278
- 6 何登发,贾承造,李德生,等.塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J].石油与天然气地质,2005,26(1):64~77
- 7 汤良杰,贾承造,皮学军,等.库车前陆褶皱带盐相关构造样式

[J].中国科学(D辑),2003,33(1):38~46

- 8 邬光辉,王招明,刘玉魁,等.塔里木盆地库车坳陷盐构造运动学特征[J].地质论评,2004,50(5):476~483
- 9 王毅,宋岩,单家增.构造应力在油气运聚成藏过程中的作用[J].石油与天然气地质,2005,26(5):563~571
- 10 李振生,刘德良,杨强.库车褶皱冲断带断裂、构造对油气藏的控制作用[J].天然气工业,2007,27(5):36~38
- 11 汤良杰,余一欣,杨文静,等.库车坳陷古隆起与盐构造特征及控油气作用[J].地质学报,2007,81(2):145~150
- 12 邬光辉,罗春树,胡太平,等.褶皱相关断层——以库车坳陷新生界盐上构造层为例[J].地质科学,2007,42(3):496~505
- 13 何登发,Suppe J,贾承造.断层相关褶皱理论与应用研究新进展[J].地学前缘,2005,12(4):353~364

(编辑 李 军)